

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**HONGOS ASOCIADOS AL FALSO MAL DE PANAMÁ  
EN EL CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO EN EL  
VALLE DEL CHIRA SULLANA, PIURA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Br. CINTHYA GERALDINE AREVALO QUINDE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PIURA, PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**HONGOS ASOCIADOS AL FALSO MAL DE PANAMÁ EN EL  
CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO EN EL VALLE DEL CHIRA  
SULLANA, PIURA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Br. CINTHYA GERALDINE AREVALO QUINDE**

**TESISTA**

**Ing. RENÉ AGUILAR ANCCOTA**

**ASESOR**

**Ing. MIGUEL GALECIO JULCA M.Sc.**

**CO ASESOR**

**PIURA, PERÚ**

**2018**

## **DECLARACION JURADA DE AUTENTICIDAD DE LA TESIS**

Yo, **CINTHYA GERALDINE AREVALO QUINDE**, identificada con DNI. 46859120, Bachiller de la Escuela Profesional de Agronomía, de la Facultad de Agronomía y con domicilio legal en el Calle Emilio Espinoza N° 200 A.H. El Obrero - Sullana - Piura, con Email: cinthya.unp@gmail.com.

**DECLARO BAJO JURAMENTO:** que la tesis que presento es auténtica e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, 10 de mayo del 2018

---

**CINTHYA GERALDINE AREVALO QUINDE**

DNI. 46859120

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**


**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**




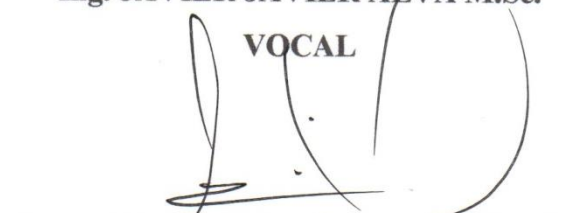
**HONGOS ASOCIADOS AL FALSO MAL DE PANAMÁ EN EL  
CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO EN EL VALLE DEL CHIRA  
SULLANA, PIURA**

**TESIS**

**Br. CINTHYA GERALDINE AREVALO QUINDE**

  
**Dr. CESAR MURGUÍA REYES**  
**PRESIDENTE**

  
**Ing. JAVIER JAVIER ALVA M.Sc.**  
**VOCAL**

  
**Ing. CARLOS E. SAN MARTÍN ZAPATA**  
**SECRETARIO**

**PIURA, PERÚ**

**2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
COMISION DE INVESTIGACION AGRICOLA

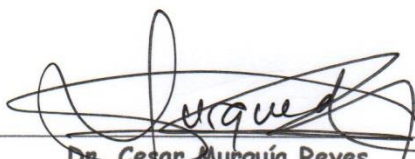


## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS 008-2018-CIAFA-UNP


Los miembros del jurado calificador que suscriben, congregados para estudiar el Trabajo de Tesis denominado "HONGOS ASOCIADOS AL FALSO MAL DE PANAMÁ EN EL CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO EN EL VALLE DEL CHIRA SULLANA, PIURA", conducido por la BR. CINTHYA GERALDINE AREVALO QUINDE, asesorado por el Ing. René Aguilar Ancota y Co - asesorada por el Ing. Miguel Galecio Julca MSc.

Luego de oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, la declaran APROBADO....., en consecuencia queda en condiciones de ser calificada APTA para gestionar ante el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de conformidad con lo estipulado en el artículo N° 171, inciso 2° del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 14 de Febrero del 2018.

  
Dr. Cesar Murguía Reyes  
Presidente

  
Ing. Javier Javier Alva MSc.  
Vocal

  
Ing. Carlos E. San Marín Zapata  
Secretario

## **DEDICATORIA**

A DIOS altísimo por guiarme en todo momento de mi vida, porque en cada paso que doy él está conmigo.

A mis padres José Arévalo y Virginia Quinde por hacerme una persona de bien.

A mis hermanos Tania y Cristhian con todo mi amor y agradecimiento por apoyarme en todo momento, por creer en mí y darme aliento a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS por permitirme concluir mi meta y a mi familia por su apoyo incondicional.

A mis asesores, los ingenieros René Aguilar y Miguel Galecio por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento. Ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda.

Al Ing. Abraham Maldonado por sus enseñanzas.

A los miembros del proyecto de inversión pública PIP BO por su apoyo.

A mis amigas María Luisa y la señora Angelita por enseñarme y a todas las personas del laboratorio de sanidad vegetal.

A mi amiga Harumi por hacerme compañía y esperarme largas horas en laboratorio.

Y para finalizar también agradezco a mis amigos Édison, Gonzalo, Antonio, al técnico José Pardo, al Ing. José de la Luz, y a todas aquellas personas que de una manera u otra, me han apoyado y han contribuido a culminar mi trabajo de investigación.

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	2
 CAPÍTULO 2	
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Centro de origen del banano	3
2.2. Taxonomía del banano	4
2.3. Descripción Botánica	6
2.3.1. Planta	6
2.3.2. Sistema radicular	6
2.3.3. Hojas	7
2.3.4. Tallo	7
2.3.5. Inflorescencia	8
2.3.6. Fruto	8
2.4. Condiciones agroecológicas	8
2.4.1. Clima y suelo	8
2.4.2. Riegos	9
2.5. Enfermedades del banano	9
2.5.1 Moko	9
2.5.1.1. Síntomas y transmisión de <i>R. solanacearum</i>	9
2.5.1.2. Manejo del Moko	10
2.5.2. Pudrición acuosa del pseudotallo	10
2.5.2.1. Epidemiología	11
2.5.2.2. Síntomas y transmisión	11
2.5.2.3. Manejo de la pudrición blanda	11
2.5.3. Nematodos parásitos del banano	12
2.5.3.1. Manejo del nematodo	12
2.5.4. Mal de panamá	13
2.5.4.1. Agente causal	13
2.5.4.2. Síntomas	13



2.5.4.3. Morfología del hongo	14
2.5.4.4. Epidemiología	14
2.5.4.5. Manejo del Mal de Panamá	15
2.5.5. Falso Mal de Panamá	16
2.5.5.1. Sintomatología	16
2.5.5.2. Etiología	17

## CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Lugar y periodo de ejecución	19
3.2. Descripción de síntomas en campo y toma de muestras	19
3.3. Aislamiento de hongos de raíces, rizoma y pseudotallo	21
3.4. Identificación de los aislados fúngicos	21
3.4.1. Características culturales	21
3.4.2. Características morfométricas	22
3.5. Determinación de características edáficas	22
3.6. Ensayos de patogenicidad	22
3.6.1. Preparación de plántulas	22
3.6.2. Obtención de inóculo	23
3.6.3. Inoculación	23
3.6.4. Riegos	23

## CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Descripción de síntomas	25
4.1.1. En hojas	25
4.1.2. En pseudotallo	27
4.1.3. En rizoma	29
4.1.4. En raíces	29
4.2. Aislamiento de hongos	30
4.3. Identificación y caracterización de los hongos	30
4.3.1. Características culturales	32
4.3.2. Características morfométricas	36
4.4. Características edáficas del suelo de las zonas muestreadas	38
4.5. Ensayos de patogenicidad	41

CAPÍTULO 5	
CONCLUSIONES	43
CAPÍTULO 6	
RECOMENDACIONES	44
CAPÍTULO 7	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	54

## ÍNDICE DE CUADROS

N°		Pág.
1	Clasificación de la especie <i>Musa acuminata</i> .	6
2	Sectores de muestreo y número de muestras recolectadas de diferentes parcelas bananeras del valle del Chira, provincia de Sullana, Piura.	20
3	Identificación de especies del género <i>Fusarium</i> , obtenidos a partir de raíces, rizomas y pseudotallos de plantas de banano orgánico con síntomas del Falso Mal de Panamá, provenientes de diferentes zonas bananeras del valle del Chira Sullana, Piura, 2018.	31
4	Descripción morfológica y niveles de fertilidad de los horizontes de diagnóstico del valle del Chira Sullana, Piura, 2018.	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

N°		Pág.
1	Zonas donde se recolectaron muestras de la enfermedad del FMP en el valle del Chira-Sullana, Piura	19
2	a) Desinfección de muestras con NaClO al 1%, b) siembra de segmentos de tejido infectado en placas de Petri con medio PDA.	21
3	Preparación de hijuelos, desinfección de cebollines y sembrado en sustrato enraizador.	24
4	Síntoma en hojas del FMP a) amarillamiento inicial y necrosis en el borde de las hojas b) necrosis foliar con halo amarillento en el borde de la hoja que avanza hacia la nervadura central y epinastia c) colapso del peciolo de la hojas basales del tercio inferior y posterior necrosis.	26
5	a y b. Corte transversal del pseudotallo del banano con síntomas de manchas necróticas discontinuas de coloración marrón rojiza en los haces vascular.	28
6	a y b. Corte longitudinal del pseudotallo del banano con síntomas de estrías necróticas continuas de coloración marrón rojiza en los haces vasculares.	28
7	Rizoma del banano con síntoma de puntuaciones necróticas en el anillo vascular con filamentos blancos.	29
8	Raíces de plantas con síntomas del FMP a) se observa síntomas de lesiones necróticas b) estrías necróticas en los haces vasculares.	30
9	Características culturales del aislado QSSP RZ, en el haz se observa colonia algodonosa de color blanco y en el reverso de la placa se observa una coloración ámbar ( <i>Fusarium solani</i> ).	33

10	Características culturales del aislado RVF, colonia algodonosa de color violeta en el centro y en el envés se aprecia tonalidad violácea, aspecto pulverulenta, <i>Fusarium verticillioides</i> .	34
11	Características culturales del aislado PsQSC, colonia algodonosa de color violeta en el centro y en el envés se aprecia tonalidad violácea, <i>Fusarium oxysporum</i> .	35
12	Estructuras microscópicas: a) macroconidias falcadas (23 - 63 x 4 - 6µ LxA) y microconidias uni y bicelulares (8-16 x 3-5µ LxA) b) Clamidosporas en pares y solitarias ( <i>Fusarium solani</i> ).	37
13	Microconidias (6 x 3 µ) unicelulares hialinas abundantes, escasa formación de macroconidias (24 x 5 µ) y no forma clamidosporas (Nelson <i>et al</i> , 1983; <i>Fusarium verticillioides</i> ).	37
14	Macronidias falcadas con 3 a 5 septas (20 - 59.5µ x 2-6 µ LxA), microconidias uni y bicelulares abundantes (4-5µ x 2-4µ LxA), clamidosporas solitarias y en pares ( <i>Fusarium oxysporum</i> ).	37
15	a) lectura de los horizontes. b) extracción de muestras de cada horizonte. c) muestras codificadas.	38
16	Ensayos de patogenicidad inoculada con la cepa RQSC <i>Fusarium solani</i> (derecha) y testigo sin inoculación (izquierda).	42
17	Ensayos de patogenicidad se aprecia 2 raíces sanas (izquierda) 2 raíces con estrías necróticas inoculada con la cepa RQSC <i>Fusarium solani</i> .	42
18	a y b) reisolamiento del hongo <i>Fusarium solani</i> a partir de raíces infectados del hijuelo de banano inoculadas con la cepas RQSC y RN1.	42

## RESUMEN

En Piura, en los últimos años se viene presentando la enfermedad conocida como “Falso Mal de Panamá” (FMP), ocasionando pérdidas en producción. Los objetivos fueron: describir los síntomas, identificar las especies fúngicas asociadas al “FMP” y realizar ensayos de patogenicidad. Se describieron los síntomas del FMP, se recolectaron muestras infectadas de raíces, rizoma y pseudotallo de diferentes zonas bananeras del valle del Chira, se aislaron y se identificaron los hongos. Se realizó ensayos de patogenicidad, se utilizó plántulas del cultivar valery, fueron sembradas en sustrato estéril, 15 ddt las plántulas fueron inoculadas en raíces con una suspensión de  $1 \times 10^4$  UFC/ml (100 ml/planta). Los aislados se identificaron a través de las características culturales y microscópicas. 55 ddi no se observaron síntomas inoculadas con los aislados de *Fusarium oxysporum* y *F. verticillioides*, sin embargo los aislados RQSC, QSR, R2VCE, RQSA2 y RN1 que corresponden a, reprodujeron lesiones necróticas en raíces. En campo la enfermedad del FMP presentó como sintomatología amarillamiento en el borde de las hojas, lesiones necróticas que progresaron hacia la vena central, abarcando en poco tiempo toda la lámina foliar quedando colgadas como faldas y finalmente la planta colapsa y muere; en pseudotallo, se observaron lesiones necróticas discontinuas en los haces vasculares y en el rizoma, puntuaciones necróticas en el cilindro vascular. En este estudio se reporta por primera vez la presencia de la enfermedad del FMP, los hongos que se encuentran asociados son *Fusarium oxysporum*, *F. verticillioides* y *F. solani*.

**Palabras claves:** Falso Mal de Panamá, ensayos de patogenicidad, *Fusarium oxysporum*.

## ABSTRACT

In Piura, the disease known as "Falso Mal de Panama" (FMP) has been presented in recent years, causing losses in production. The objectives were: to describe the symptoms, identify the fungal species associated with the "FMP" and perform pathogenicity tests, describe the symptoms of the FMP, and collect infected samples of roots, rhizomes and pseudostems from different banana plantation areas of the Chira valley. The fungi were isolated and identified, pathogenicity tests were carried out, seedlings of the cultivar valery were used, they were seeded in sterile substrate, 15 ddt the seedlings were inoculated in roots with a suspension of  $1 \times 10^4$  CFU / ml (100 ml / plant). The isolates were identified through cultural and microscopic characteristics, 55 ddi no inoculated symptoms were observed with the isolates of *Fusarium oxysporum* and *F. verticillioides*, however the isolated RQSC, QSR, R2VCE, RQSA2 and RN1 corresponding to, reproduced necrotic lesions in roots. In the field, the disease of the FMP presented as symptomatology yellowing at the edge of the leaves, lesion it is necrotic that progressed towards the central vein, covering in a short time the whole foliar leaf being hung as skirts and finally the plant collapses and dies; in pseudostem, discontinuous necrotic lesions were observed in the vascular bundles and in the rhizome, necrotic scores in the vascular cylinder. In this study, the presence of FMP disease is reported for the first time, the fungi that are associated are *Fusarium oxysporum*, *F. verticillioides* and *F. solani*.

**Keywords:** False Panama disease, pathogenicity test, *Fusarium oxysporum*.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Casi todos los bananos exportados por Perú son orgánicos, representando alrededor del 3% de la producción mundial. Esta se concentra en los departamentos de Piura, Tumbes y Lambayeque, es producida principalmente por pequeños productores. Los frutos de banano se exportan a 15 países, los destinos más importantes son Estados Unidos, Alemania, Holanda, Bélgica, Corea del Sur, Finlandia y Japón (FAO, 2017).

La principal zona de agro-exportación se desarrolla en el valle del Chira (Fairlie, 2008). Donde se ha consignado un incremento en la producción de banano orgánico alcanzando alrededor 9,500 hectáreas, representando así el 90% de las exportaciones a nivel nacional de este producto (Sotomayor, 2014).

Según, Rojas (2013), este crecimiento podría limitarse debido a ciertas condiciones productivas y de sanidad que no permiten una productividad sostenible debido a diversos factores como son: la presencia de plagas y enfermedades tales como: el thrips de la mancha roja (*Chaetanaphothrips* spp.), Bacteriosis (*Pectobacterium* sp.), BSV (Virus del Estriado del Banano), picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), nematodos (*Radopholus similis*), cochinillas harinosas (*Pseudococcus* sp.), escamas (*Diaspidos* sp.), y últimamente se viene presentando la enfermedad conocida como “Falso Mal de Panamá” (FMP), ocasionando pérdidas en producción ya que en ataques severos ocasiona muerte de la planta.

Según reportes en países como Venezuela y España; en casos severos “el Falso Mal de Panamá” podría presentarse hasta el 60% de incidencia (De Beer *et al.*, 2001). Hasta la fecha no hay investigaciones en la zona del valle del Chira que ayuden a los productores con el diagnóstico de los agentes causales y manejo de la enfermedad. Por tal motivo se ha considerado de interés la realización de este trabajo de investigación.



### **1.1. Objetivo general**

Realizar descripción sintomatológica y ensayos de patogenicidad de la enfermedad conocida como “Falso Mal de Panamá” en el cultivo de banano orgánico.

### **1.2. Objetivos específicos**

- 1.2.1. Describir la sintomatología del “Falso Mal de Panamá” en el campo.
- 1.2.2. Aislar, caracterizar e identificar las especies fúngicas asociadas al FMP.
- 1.2.3. Realizar ensayos de patogenicidad bajo condiciones de invernadero.

## CAPÍTULO 2

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Centro de origen del banano

La planta conocida como banano agrupa un gran número de clones partenocarpicos pertenecientes al género *Musa*, de la familia Musaceae (Rodríguez 1955, Von Loesecke 1950).

El género *Musa* es muy antiguo, comprende 35 especies; muchas son utilizadas tanto en la alimentación humana como animal. La sección *Eumusa* forma parte de la gran diversidad del género, contiene la mayoría de los bananos y plátanos comestibles (Cheesman, 1948).

El plátano se originó en el sureste de Asia y las islas del Pacífico, extendiéndose desde la India hasta Papua Nueva Guinea, incluyendo Malasia e Indonesia (De Langhe, 1996; Reynolds, 1927; Simmonds, 1959; Soto 1992).

Las más antiguas noticias que se poseen sobre el plátano son de la India (600-500 a.C.), pero el cultivo debe haber existido en el país desde muchos milenios antes (Reynolds, 1951).

Los plátanos comestibles se produjeron por la hibridación entre *Musa balbisiana* Colla y *Musa acuminata* Colla, dando origen a grupos híbridos de los cuales derivan los clones diploide, triploides y tetraploide. Los tipos comestibles triploides de *Musa acuminata* Colla (grupo AAA) parecen originarse en Malasia, en la misma región que sus progenitores diploides. Sin embargo, los híbridos son característicos de la India y existe un segundo centro de diversificación en la región de Filipinas (Simmonds, 1962).

Se introdujo en el África Oriental a través de Madagascar, hacia el año 500 d.C. llegando a la costa oeste del continente a través de las zonas tropicales del centro (Greenway, 1944; Reynolds, 1951). Llegó al Mediterráneo hacia el 650 d.C. y

viajeros polinesios lo llevaron al Pacífico aproximadamente por el año 1000 d.c. (Merril, 1941; Marshall, 1956).

Poco después de 1402 fue llevado a las Islas Canarias por los portugueses, (Reynolds, 1927; 1951) y de ahí pasó al Nuevo Mundo. En 1516, Fray Tomás de Berlanga, obispo de Panamá, introdujo en Santo Domingo las primeras plantas de bananos, procedentes de Islas Canarias, de donde se propagó a otras islas del Caribe y posteriormente al continente (López, 1984).

El nombre “banano” provino de la costa de Guinea, en África Occidental, específicamente de las lenguas sherbro o temne de la costa de Sierra Leona, a principios del siglo XVI (Bakshi, 1963). La palabra “plantain” es más oscura, al parecer se halló primero en español (“plátano”). Ambos fueron asimilados después por otras lenguas europeas; no cabe duda que esos dos vocablos quedaron plenamente establecidos en inglés, en las Antillas, a mediados del siglo XVII (Cheesman, 1948). Inicialmente se utilizó como fuente de fibra pues posee bajo contenido de sodio, y es la fuente más rica de vitamina B6 y potasio listo para consumir (Soto, 1992); posteriormente fue seleccionada por su facilidad para ser consumido crudo, cualidad que hasta hoy es utilizado como postre de fácil consumo por su característica partenocarpia (Price, 1995).

## **2.2. Taxonomía del banano**

La clasificación del género *Musa* es una cuestión extremadamente compleja y aun inacabada. La clasificación original de Linneo se basó en los escasos ejemplares a su disposición en Europa. Sin embargo, el centro de la diversidad germoplasmática de *Musa* en el sudeste asiático presentaba numerosas especies que no convenían a las descripciones que había publicado el botánico sueco en numerosos aspectos.

Fue en 1948 con publicación de “Classification of the bananas” por Ernest Cheesman, que se introdujo las especies en cuestión. Cheesman identificó a los tipos linneanos como híbridos producidos por el cruzamiento de dos especies descritas por Luigi Colla, *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. A partir de ellas, clasifico a las múltiples variedades en cuatro secciones, y tres grupos según su dotación genética;

uno de ellos descendería principalmente de las especies progenitoras, mientras que el tercero estaría formado por híbridos de rasgos múltiples. La Sección Eumusa contiene la mayoría de los bananos y plátanos comestibles, Los que provienen de *M. acuminata* se designan con la letra A, y los de *M. balbisiana* con la letra B. Los cultivares diploides pueden pertenecer al grupo genómico AA o al AB, mientras que los triploides pertenecen a los grupos genómicos AAA (Cavendish y Gros Michel (no hubo hibridación), AAB (Plátanos como Curraré y Dominico) y ABB (Guineos como Cuadrado y Pelipita), Algunos taxónomos reconocen un grupo genómico BBB, cuya existencia no se ha demostrado definitivamente. Los cultivares tetraploides son, en su mayoría, híbridos producidos por los fitomejoradores (Cheesman, 1948).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	Musa y Ensete
Secciones:	Australimusa ( <i>Musa textiles</i> ), Callimusa ( <i>Musa coccinea</i> ), Rhodochlamys ( <i>Musa ornata.</i> ), Eumusa ( <i>Musa acuminata</i> , <i>Musa balbisiana</i> ).

La principal variedad de banano del Grupo AAA y Subgrupo Cavendish cultivadas en el Perú es Cavendish Valery, cuyo nombre científico es *Musa acuminata*, Grupo AAA, paradisiaca; que debido a la similitud de sus características que presenta, comercialmente se denominan bajo el nombre del subgrupo al que pertenecen: cavendish, Valery o comúnmente banano orgánico fresco (BOS, 2003).

**Cuadro 1.** Clasificación de la especie *Musa acuminata*.

Especie	Grupo	Subgrupo	Clones	Otros nombres
Musa acuminata (Consumo fresco- Banano)	Diploide AA	Sucrier	Baby banana	Lady's Finger/ Bocadillo/Moquiho
			Gross Michel (no hubo hibridación)	Orito/seda
	Triploide AAA	Cavendish (no hubo hibridación)	Gran Naine	Gran enana/ Chiquita
			Dwarf Cavendish	Cavendish (Pequeña Enana/Enano)
			Valery	Robusta
			Lacatan	Filipino/Montecristo
			Williams	Cavendish Gigante
			Rojo y Rojo Verde	Morado

Fuente: Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones Pro Ecuador  
Elaboración: DGPA-DEEIA/MINAGRI.

## 2.3. Descripción Botánica

### 2.3.1. Planta

Es una herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y termina en una corona de hojas (Simmonds, 1966). Posee gran actividad celular, y es altamente exigente de nutrimentos, luminosidad, calor, humedad y suelos.

### 2.3.2. Sistema radicular

Las raíces son superficiales distribuidas en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayoría a los 15 a 20 cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente son duras, amarillentas, brotan normalmente en grupos de cuatro en la superficie del cilindro central del rizma (Riopel y Steeves, 1964) y tienen un diámetro que oscila entre 5 y 10 mm; la longitud varía y pueden llegar entre 5 y 10 m en crecimiento lateral, si no son obstaculizadas durante su crecimiento, y hasta 1.5 m de profundidad. Varían considerablemente en número, según el estado de salud de la planta, encontrándose de 200 a 500 raíces (Robin y Champion, 1968).

### **2.3.3. Hojas**

Se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. La hoja se forma en el interior del pseudotallo y emerge enrollada en forma de cigarro, completamente desarrollada de emerger. Aumentan de tamaño hasta un máximo y después declinan bruscamente, poco antes de que el punto vegetativo se transforme en inflorescencias (Simmonds, 1966).

Son grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento (Simmonds, 1966).

De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso. De las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores. La producción de las hojas cesa cuando emerge la inflorescencia (Soto, 1992).

### **2.3.4. Tallo**

Es un rizoma grande, almidonado, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo. (Herrera, 2011)

La planta adulta puede medir 5 m de altura y 40 cm de diámetro según el clon. Su estructura es resistente y puede soportar el peso de las láminas foliares y de su inflorescencia (Aubert, 1973).

### **2.3.5. Inflorescencia**

El punto de crecimiento se transforma en una yema floral, para iniciar la inflorescencia. Cuando la inflorescencia sale por el centro del pseudotallo, puede tener de 5 a 8 cm de diámetro y es de color blanco, cuando emerge del mismo se convierte en raquis externo se torna de color verde (Simmonds, 1962).

Posee flores hermafroditas y femeninas, en algunos clones las flores masculinas se caen. Cuando el tallo floral está totalmente formado se pueden distinguir las siguientes zonas: Una zona comprendida entre el rizoma en su parte más ancha y la base de la primera bráctea vacía, una parte que se extiende desde la primera bráctea con un glomérulo de flores femeninas y pistiladas y una tercera zona que empieza en la bráctea de la primera mano de flores pistiladas y termina en el ápice de la chira floral (Soto, 1985).

### **2.3.6. Fruto**

Se forma partiendo de los ovarios de las flores pistiladas que muestran un gran aumento en volumen; la parte comestible es el resultado del engrosamiento de las paredes del ovario convertido en una masa parenquimatosa cargada de azúcar y almidón (Simmonds, 1962).

## **2.4. Condiciones agroecológicas**

### **2.4.1. Clima y suelo**

Puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2000 metros de altura sobre el nivel del mar, el clima adecuado para el cultivo está entre los 21 °C y los 29,5 °C, con una media de 27 °C. Su mínima absoluta es de 15,6 °C y máxima de 37.8 °C a temperaturas mayores o menores causan daños, deterioro y lentitud en el desarrollo de la fruta. Requiere de 2000 horas luz promedio anual y una precipitación anual promedio entre 1800 y 3600 mm. (Ganry, 1973).

Los suelos más aptos para su siembra y explotación son los de reacción neutra (pH 6.5 - 7), aunque también tolera los ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos, considerándose por lo tanto apropiado para su siembra, todos aquellos suelos que presentan un pH comprendido entre 5.5 y 7.2 (Rojas, 2013).

Los suelos deben ser sueltos, ricos en materia orgánica, fértiles y con buen drenaje. y pendiente entre 0 y 3% con texturas medianas, profundidad efectiva mayor de 90 cm, pedregosidad menor a 5% y fertilidad alta a media (Araya, 2008).

#### **2.4.2. Riegos**

El banano requiere grandes cantidades de agua ya es muy sensible a la sequía, pues ésta dificulta la salida de las inflorescencias dando como resultado, racimos torcidos y entrenudos muy cortos en el raquis que deforman los frutos por límite de espacio. La sequía, también produce obstrucción foliar, provocando problemas en el desarrollo de las hojas (Herrera, 2011).

La humedad apropiada para obtener buena producción, especialmente durante los meses secos del año, es mantener el suelo en capacidad de campo y evitar así el stress hídrico que podría afectar la producción. El banano es extremadamente susceptible al daño provocado al exceso de agua, inundaciones, suelos con malos drenajes, compactos (Soto, 1985).

### **2.5. Enfermedades del banano**

#### **2.5.1 Moko**

El agente causal es *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith Raza 2 (Yabuuchi *et al.*, 1995), afecta a varias especies de plantas, se menciona alrededor de 50 familias entre ellos se incluyen los cultivos de maní, papa, tomate, plátano, tabaco, banano, jengibre, algunas especies de árboles y arbustos de importancia económica, siendo responsable de sustanciales pérdidas económicas en todo el mundo. Normalmente este patógeno infecta a través de las raíces, se mueve sistémicamente a través del xilema y causa síntomas de marchitez (Gómez, 2005). Se estima que en América Latina el Moko eliminó cultivos de plátano y banano en miles de kilómetros cuadrados (Buddenhagen, 1986; Belalcázar *et al.*, 2003).

##### **2.5.1.1. Síntomas y transmisión de *R. solanacearum***

Loaiza (2007), menciona que los haces vasculares muestran en su interior decoloración café-rojiza, primariamente invade el sistema vascular del hospedero, afecta el tejido parenquimatoso e indirectamente causa la marchitez por daños lo que



imposibilita el transporte de agua; dependiendo del tipo de infección, se puede extender a toda la planta o localizarse en el raquis. Si los cortes de tejido vascular se mantienen húmedos, se observan gotas de exudado bacterial, cuyo color puede variar de amarillo a café- rojizo o negro.

Existe evidencia convincente de que la infección se origina a través de las inflorescencias y la raíz. Esta enfermedad es transmitida por insectos y heridas provocadas por herramienta infectada. El ennegrecimiento y el marchitamiento de las flores masculinas, se observa frecuentemente en plantas maduras, la decoloración vascular puede detectarse dentro del pedúnculo y a través del raquis. Esta necrosis alguna veces se extiende a los frutos localizados en la parte baja de los racimos, que en su exterior se ven amarillos para consumo. Internamente, los frutos de todos los racimos adquieren un color café rojizo y luego se pudren.

#### **2.5.1.2. Manejo del Moko**

Según Jones (2000), debido al carácter sistémico de la infección de la bacteria causal del Moko no puede ser destruido, el único medio de control efectivo es la erradicación de las plantas infectadas, junto con la adopción de mejores prácticas de cultivo para limitar la dispersión del patógeno.

Estudios realizados en Nicaragua acerca del efecto de la cal y la urea en el manejo de *Pseudomonas solanacearum* Smith, los resultados mostraron que las colonias de las bacterias se redujeron a los tres meses y a los seis la población bajo a cero en todos los tratamientos. Se utiliza la cal o urea para alterar el pH del suelo o para acelerar la descomposición del material vegetativo infectado y así propiciar antagonismo entre la bacteria patógena y los microorganismos del suelo (Guevara *et al.*, 2002).

#### **2.5.2. Pudrición acuosa del pseudotallo**

El agente causal es *Erwinia chrysanthemi* Burkholder, McFadden y Dimock. Se observó por primera vez en Honduras en 1948 y desde entonces ha sido reportado en otras partes de América Central, Israel, Jamaica, Papúa Nueva Guinea y en América del sur (Brasil (generalizada), Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guyana, Perú,

Venezuela y muchos países) Jones, 2000.

#### **2.5.2.1. Epidemiología**

La enfermedad es de naturaleza endémica, razón por la cual se encuentra distribuida por todas las regiones donde se cultivan musáceas. Las bacterias de las pudriciones blandas pueden desarrollarse y mantenerse en actividad en una amplia variedad de temperaturas. Las temperaturas mínima, óptima y máxima para que se desarrolle la enfermedad son de 5°C, 22°C y 37°C respectivamente. Las bacterias mueren alrededor de los 50°C.

#### **2.5.2.2. Síntomas y transmisión**

El síntoma principal en el Pseudotallo consiste de manchas acuosas, translúcidas, de color amarillento en sus comienzos y rojizo a castaño oscuro en sus últimas instancias. Esto también afecta la parte basal de la planta produciendo un debilitamiento que puede ocasionar su doblamiento (Fernández y López, 1970). Un olor fétido de los tejidos afectados se percibe e internamente se llena de un líquido cristalino que emana abundantemente al hacer presión sobre dichos tejidos.

La bacteria penetra en la planta por medio de heridas y en algunas ocasiones por las lenticelas. Es diseminada por semillas infectadas, herramientas, agua, insectos vectores y nematodos que ocasionan lesiones en las raíces y facilitan su entrada (Agrios, 2006).

#### **2.5.2.3. Manejo de la pudrición blanda**

- Evitar que el patógeno penetre en los tejidos de la planta hospedante. Desinfectar los hijos para la siembra y utilizar rizobacterias para la semilla.
- Usar bactericidas como el yodo agrícola o hipoclorito de sodio al 20% para la desinfección de las herramientas usadas en las labores del cultivo.
- Realizar el deshoje de hojas secas. En caso de eliminación de plantas muy afectadas, se debe emplear la misma metodología usada para el control del moko
- Controlar la presencia de picudos con trampas; ya que pueden ser vectores o facilitadores para la entrada de la enfermedad.
- Evitar las superficies mojadas y sembrar en áreas bien drenadas.
- Fertilizar de acuerdo a la demande del cultivo en especial con potasio y boro. Así mismo, se debe realizar un buen control de arvenses para evitar el exceso de

humedad.

- Utilizar semilla convencional ‘sana’ proveniente de plantaciones sanas y vigorosas, cuyos rizomas no muestren pudriciones de ninguna naturaleza.
- Este aspecto es fundamental, por cuanto la bacteria se puede desplazar por los tejidos de las yaguas hasta la porción basal del rizoma.

### **2.5.3. Nematodos parásitos del banano**

Son varias las especies de nematodos asociados al banano: El de mayor importancia económica es *Radopholus similis*. Las heridas causadas por su actividad son una vía de entrada de microorganismos secundarios, que producen coloraciones rosadas, pardeamientos vasculares y pudrición. Este nematodo se encuentra presente en Piura. El género *Helicotylenchus* spp. y la especie *Rotylenchulus reniformis* tienen una gran importancia como parásitos de musáceas en muchos lugares productores de plátano o banano aunque en Piura solo esta descrito *Rotylenchulus* sp.

Otros nematodos importantes descritos para el banano en Piura cuya sintomatología en raíces se manifiesta de forma diferente según la naturaleza del nematodo son: agalladores como *Meloidogyne incognita* y lesionadores como *Pratylenchus coffeae* y *Paratylenchus* sp. La sintomatología externa se confunde con situaciones de estrés abiótico y bloqueos de nutrientes tales como amarilleos foliares y decaimiento principalmente (Douglas *et al.*, 2002).

#### **2.5.3.1. Manejo del nematodo**

Reducir las poblaciones de nematodos en el suelo antes de la siembra (ICA, 2012).

- Usar material de plantas limpio libre de nematodos Rizomas o hijuelos ligeramente infestados pueden ser tratados para librarlos de los nematodos. El método más simple consiste en “pelar” superficialmente los rizomas para remover el tejido lesionado.
- La exposición al sol por dos semanas del material “pelado” puede reducir aún más la población de nematodos, pero esta técnica no puede ser aplicada a hijuelos pequeños los cuales son bastantes frágiles y necesitan ser replantados rápidamente.

- El “pelado” seguido por inmersión en agua caliente (52-55°C por 15-20 minutos) ha sido una práctica común y muy efectiva en América Central
- La inmersión de los rizomas pelados en el hipoclorito de sodio (lejía) a 1% por 5 o 10 minutos también ayuda. Se considera como un tratamiento presiembra eficaz, de bajo costo y no tóxico. Fumigar con bromuro de metilo y dejar de cultivar por un periodo no menor de 9 meses.
- Drenaje apropiado en zonas de lluvia intensa.
- Preparación del suelo antes de la siembra,
- Incorporación de materia orgánica,
- fertilización e irrigación.
- Variedades resistentes.
- Se recomienda aplicar nematicidas biológicos, *Paecilomyces lilacinus*, extractos vegetales

#### **2.5.4. Mal de panamá**

También denominada “Marchitamiento por *Fusarium*”, se trata de la enfermedad más grave en el banano, se encuentra presente en la mayoría de los países productores de plátanos. (Rodríguez, 2012). “El Mal de Panamá” casi arrasó con la fruta a nivel mundial en los años 1950 (Sotomayor, 2012).

Se detectó por primera vez a finales de los años 20 en Canarias, concretamente en la zona del Valle de la Orotava. La incidencia se sitúa entre un 2 y un 12 % de plantas afectadas, aunque en casos severos se han registrado altas incidencias y pérdidas de cosecha que superan ampliamente el 30%. (Rodríguez, 2012).

##### **2.5.4.1. Agente causal**

Es el hongo del suelo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, (FOC), considerado como el más temible y peligroso en las musáceas por no existir control químico de la misma. Este hongo se presenta en cuatro Razas patogénicas: Raza1, Raza 2, Raza 3 y Raza 4 (Ploetz, 1990).

##### **2.5.4.2. Síntomas**

Se inicia con amarillamiento y marchitez de las hojas más viejas y avanza a las

hojas más jóvenes, que son las ultimas en presentar síntomas. Se evidencia decoloración del rizoma, necrosis interna del pseudotallo y agrietamiento longitudinal en la base. Al morir la planta queda erguida y descolorida la hoja bandera (Simmonds *et al.*, 1966).

#### **2.5.4.3. Morfología del hongo**

Pertenece a la clase de los Deuteromicetos u hongos imperfectos. Las macroconidias son producidas en esporodoquios sobre conidióforos ramificados en la superficie de las plantas infectadas o en un medio de cultivo artificial. También pueden ser producidas en formas simples en el micelio aéreo, especialmente en un medio de cultivo (Booth, 1971).

Las microconidias presentan formas ovaladas y se originan sobre microconidióforos o monofilialides cortos en el micelio aéreo (Booth, 1971). Ambas pueden ser formadas en los vasos xilemáticos de las plantas infectadas, pero las microconidias son las que usualmente predominan en estos tejidos. Estas estructuras sirven como fuente de diseminación del hongo dentro y fuera de las plantas (Beckman, 1990).

Las clamidosporas poseen paredes gruesas, y su producción es abundante sobre los tejidos infectados en estados avanzados de la enfermedad. Usualmente se forman solas o en grupos y pueden estar intercaladas o en la parte terminal de las hifas (Booth, 1971). Son consideradas estructuras de resistencia, y pueden permanecer en el suelo en estado de latencia por un largo período de tiempo, en presencia o ausencia de plantas hospedadoras y su diseminación ocurre con el movimiento de suelos, semillas o materiales de propagación infestados (Nelson *et al.*, 1981).

#### **2.5.4.4. Epidemiología**

La temperatura óptima para el crecimiento y esporulación de *Fusarium oxysporum* es 30°C, pudiendo tener un comportamiento saprófito muy vigoroso a temperaturas entre 10 y 30°C (Beckman, 1990).

El hongo es capaz de crecer y esporular sobre un amplio rango de valores de pH (óptimo a pH 7,5 - 8,5); creciendo mejor en condiciones de oscuridad continua. Las clamidosporas al germinar, llegan a crecer sobre las raíces en los diferentes puntos de contacto, hasta lograr entrar directamente a las mismas o por heridas (Nelson *et al.*, 1981).

Las plantas jóvenes son más susceptibles que las adultas, si el sistema radical presenta daños o heridas, esto va ocasionar como respuesta la emisión de nuevas raíces las cuales son más susceptibles que las viejas. Los suelos ligeros y bien aireados favorecen a *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense y a la enfermedad, en tanto que los suelos compactos y constantemente humedecidos favorecen a la planta al reducir la actividad de los hongos (Simmonds, 1966).

El nivel nutritivo de la planta y fertilidad del suelo pueden afectar al desarrollo del Mal de Panamá. Según Olaondo (2016) los suelos de plantaciones afectadas con niveles elevados de materia orgánica, calcio y zinc la incidencia de Mal de Panamá es menor.

#### **2.5.4.5. Manejo del Mal de Panamá**

Establecer el Plan Nacional de Contingencia para *F. oxysporum* f. sp. cubense y algunas medidas preventivas para evitar su ingreso:

- Evitar la importación de plantas in vitro y material de propagación de Heliconia s procedentes de países donde se ha reportado la presencia del hongo.
- Evitar la importación de muestras de suelo de cualquier país donde el hongo ha sido reportado.
- Capacitar a los inspectores de sanidad vegetal sobre el reconocimiento de la sintomatología de la enfermedad a nivel de campo.
- Implementar técnicas de diagnóstico del patógeno, para prevenir la entrada inesperada del patógeno.

### **2.5.5. Falso Mal de Panamá**

La enfermedad del “Falso Mal de Panamá” que puede ser confundida fácilmente con el marchitamiento por *Fusarium*, por primera vez fue descrita por Deacon *et al.*, (1985). Aunque el nombre de “Falso Mal de Panamá” fue dado por Deacon en 1985; diferentes investigadores presentaron varios informes previamente, describiendo posiblemente la misma enfermedad. Así Prescott (1917) la llamó la enfermedad de “Colorado”, debido a su presencia en el distrito de Colorado en Honduras. Dunlap (1923) y Permar (1925) también informaron sobre la presencia de la enfermedad en el área de Changuinola en Panamá. Barnes (1962) describió síntomas similares para los cultivares del subgrupo ‘Cavendish’ en Granada.

#### **2.5.5.1. Sintomatología**

El amarillamiento empieza en las hojas más basales o viejas. El margen de cada hoja se torna verde pálido a amarillo, aparecen rayas necróticas rodeadas por un margen amarillo y la hoja muere finalmente. Las hojas inferiores mueren y se cuelgan del pseudotallo como una falda (De Beer *et al.*, 2001). Algunas veces la base de la hoja permanece verde y saludable, mientras que su parte distal se muere. Frecuentemente, de 1 a 4 hojas de la parte superior permanecen verdes, pero son pequeñas y su desarrollo se estanca. También puede ocurrir crecimiento de hojas nuevas pero los racimos en este caso por lo general son pequeños con dedos cortos y delgados. Seguido se presentan características parecidas a las de la strelitzia y de crecimiento pasmado, relacionadas con el estrés (De Beer *et al.*, 2001).

Cuando el pseudotallo de una planta que muestra los síntomas de la enfermedad del “Falso Mal de Panamá” se corta transversalmente, aproximadamente a unos 50 cm por encima del nivel del suelo, con frecuencia se observa oscurecimientos vasculares similares a los observados en el “Mal de Panamá” (MP), que pueden continuar ascendiendo por el pseudotallo, aunque en el (FMP) son de forma discontinua, mientras que el MP son continuos pudiéndose seguir su trayectoria desde el rizoma hasta el pseudotallo. Los hijos pueden estar afectados o no. Las raíces también podían estar muertas, o presentar necrosis en los ápices (De Beer *et al.*, 2001).

#### 2.5.5.2. Etiología

Probablemente el “Falso Mal de Panamá” no se transmite de una planta a otra. (De Beer *et al.*, 2001). En un trabajo de investigación realizado en las Islas Canarias, Sabadell (2003). Concluye que: El “Falso Mal Panamá” es un desorden que se ha presentado mayoritariamente asociado a plantaciones nuevas sobre suelos vírgenes, también en suelos que habían estado en baldío durante unos años, o cultivados con papa u otras hortícolas. Asociada a la enfermedad se encuentra una serie de especies bacterianas. Los géneros más abundantes fueron *Enterobacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Serratia* y *Xanthomonas*. También se encuentra asociada a la enfermedad una serie de géneros y especies fúngicas, habiéndose determinado 30 géneros diferentes, siendo *Fusarium* el más frecuente, encontrándose en el 75,3 % de las muestras. Las especies más abundantes fueron *F. oxysporum*, *F. proliferatum* y *F. subglutinans*.

Todos los resultados obtenidos sugieren que el Falso Mal de Panamá es un desorden en cuya causa podrían jugar un papel muy importante algunos factores del suelo como la compactación, el encharcamiento y la hipoxia y los desequilibrios nutricionales concomitantes, aunque no se puede descartar la interacción de alguna especie fúngica o bacteriana en combinación con otros factores abióticos no estudiados en este trabajo (Sabadell, 2003).

En Venezuela Martínez *et al.*, (2015). Concluyeron por medio de distintos análisis de laboratorio, la presencia de bacterias del genero *Pectobacterium* y *Erwinia*; y hongos del genero *Fusarium*: *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, y *F. solani*, asociados a los síntomas de la enfermedad. Ellos lograron identificar los factores condicionantes asociados al suelo (textura, permeabilidad), material de siembra (rizomas), riego y drenaje (excesos de agua), entre otros, que determinan altas intensidades del Falso Mal de Panamá. Y estimaron perdidas en plantaciones según los datos aportados por la Asociación de Productores, entre 35 a 45% de la superficie sembrada e indicaron algunas medidas alternativas que conllevan un manejo más adecuado del Falso Mal de Panamá.



Maciel y Borges (2000) en Brasil, citan a los suelos pesados y mal drenaje y posible implicación de la nutrición potásica, aunque la eliminación de esta hipótesis pasa por la mayor probabilidad de que sea un problema patológico ya que tiene una distribución vascular.

Lahav (1999), realizó una revisión de la bibliografía referente a enfermedades de origen desconocido citando autores Prescott (1917), Dunlap (1923), Permar (1925). Denomina como “Yellow Mat”, una traducción al inglés del termino español “Mata Amarilla” y concluyó que los oscurecimientos vasculares estaban asociados al floema y no al xilema como en el caso del MP y podrían estar relacionada con factores abióticos del suelo, bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y alto CO<sub>2</sub> que se dan en situaciones de encharcamiento produciéndose bloqueo entre los diferentes iones del suelo y que en todo caso podía estar implicado algún microorganismo con carácter oportunista, aunque no se descartaba la implicación de fitoplasmas o virus. Asimismo Trujillo (1962) sugiere diferentes causas abióticas como posible origen de la enfermedad.

## CAPÍTULO 3

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

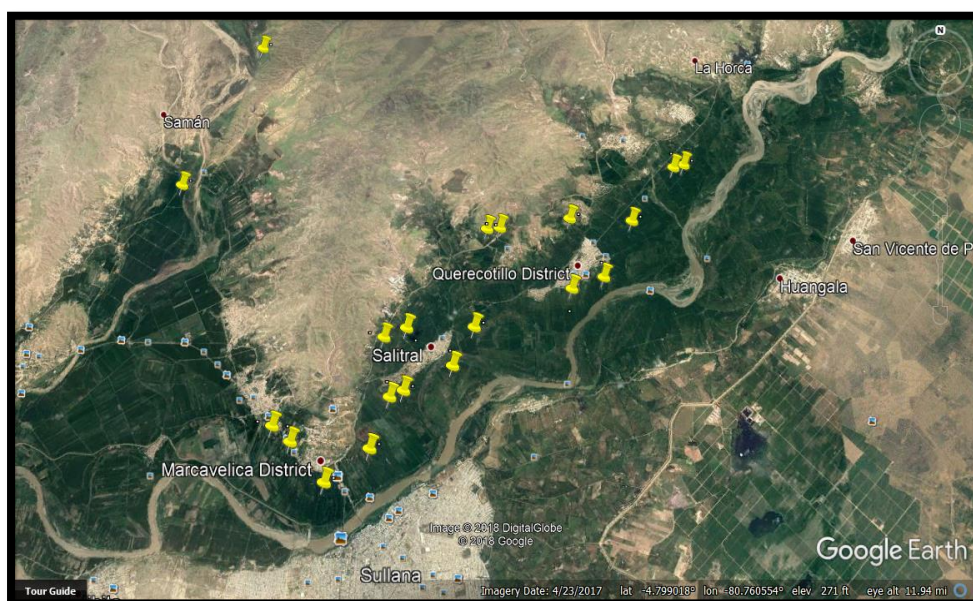
#### 3.1. Lugar y periodo de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Sanidad Vegetal, de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura, entre los meses de julio del 2016 a diciembre del año 2017.

#### 3.2. Descripción de síntomas en campo y toma de muestras

Se observaron y se describieron detalladamente los síntomas principales y secundarios de la enfermedad Falso Mal de Panamá en hojas, pseudotallo, rizoma y raíces.

Las muestras se obtuvieron de diferentes zonas bananeras del Valle del Chira, a partir de plantas con los síntomas de la enfermedad (Fig.1), se extrajeron discos de pseudotallo a una altura de 1m sobre la superficie del suelo, porciones de rizomas y raíces. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de Fitopatología previamente codificados donde se realizaron los análisis correspondientes.



**Figura 1.** Zonas donde se recolectaron muestras de la enfermedad del FMP en el valle del Chira-Sullana-Piura.

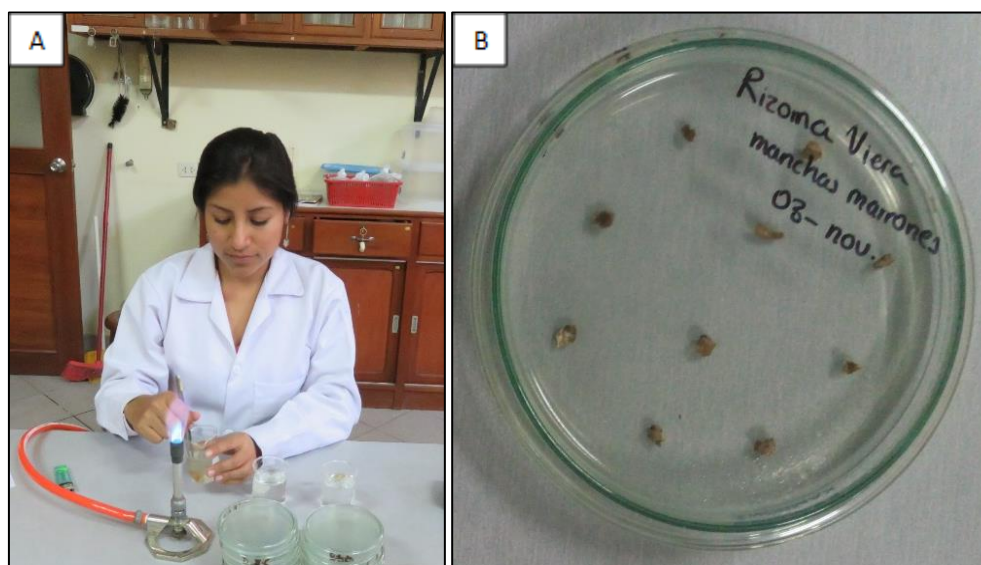
**Cuadro 2.** Sectores de muestreo y número de muestras recolectadas de diferentes parcelas bananeras del valle del Chira, provincia de Sullana, Piura.

N°	Agricultor	Sector	Asociación	Distrito	N° muestras	Ubicación Geográfica Latitud	Longitud
1	Eusebio Rivera	Canaleta 2	AGRO TALLÁN	Quereco-tillo	3	-4.803587	-80. 609985
2	Elsa Rueda				5	-4.810952	-80. 611022
3	Elmer Luzón.	Pepe			3	-4.809787	-80. 613383
4	José Luzón G.				3	-4.808822	-80. 613467
5	José Farfán	Santa Rosa	APOQ	Salitral	2	-4. 809888	-80. 612097
6	Santos Pulache	Hualtacal			2	4. 835567	80. 642917
7	Candelario Rugel	Montene-gro Bajo	PROBO-QUEA		2	-	-80.741886
8	Mario Quino	Burgos	AGRO-TALLÁN		2	-4.850143	-80. 658157
9	Edilmer Valladares	Granda	BOS		3	-4.836508	-80. 683138
10	Édison. Valladares				2	-4.83643	-80.68266
11	Juan Valladares	Vista Florida			2	-4.821335	-80.680248
12	Jean Nuñez	Coco Bajo			6	-4.86855	-80.686627
13	Pedro Ordinola				5	-4.88662	-80.686627
14	Manuel Ramos R.	Cocañera	APOQ		3	-4.871012	-80.685448
15	José García	San Pedro			2	-4.821335	-80.680248
16	José Zullón	Santa Angélica			4	-4.809723	-80.613668
17	José Flores	Baja			2	-4.835567	-80.642917
18	Juan Arica	Marcavelica	APBOSMAN	Marca-velica	2	-4.810912	-80. 611002
19	Migdonio Atoche	La 45-Samán	BOS		2	-4.841505	-80.751353
20	Gonzalo Ordinola	La Noria			1	-4.851497	-80.751367
22	Ezequiel Urbina	La Golondrina	APOYPAE		3	-4.861506	-80.721443
21	Juan Zapata	Macacará	APPBOSCM	La Huaca	2	-4.54548	-80. 514117
23		UNP			2	-4.803353	-80. 791200
		Total			63		

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Aislamiento de hongos de raíces, rizoma y pseudotallo

Se realizaron aislamientos de los patógenos asociados a la enfermedad del Falso Mal de Panamá (FMP), siguiendo el protocolo establecido; las muestras se lavaron con agua potable, luego con la ayuda de un bisturí estéril se cortaron porciones de tejido infectado (0.5 x 0.5 mm de tamaño) estos se desinfectaron en una solución al 1% de hipoclorito de sodio (NaClO) durante un minuto (Fig. 2a), luego se enjuagaron dos veces con agua destilada y se secaron con papel absorbente estéril, sin llegar a frotar (Martínez *et al.*, 1992) luego fueron sembrados en placas de Petri con medio de cultivo PDA enmendado con tetraciclina (45mg) 10 segmentos/placa (Fig. 2b), luego fueron incubados a 28 °C por 7 días, posteriormente se repicaron y se purificaron hasta obtener cultivos puros. Los aislados puros fueron preservados en tubos de ensayo con medio de cultivo PDA inclinado, rotulados e incubados en refrigeración a una temperatura de 5 °C con la finalidad de mantener la viabilidad y patogenicidad del hongo (French y Hebert, 1980).



**Figura 2.** a) Desinfección de muestras con NaClO al 1%, b) siembra de segmentos de tejido infectado en placas de Petri con medio PDA.

### 3.4. Identificación de los aislados fúngicos

#### 3.4.1. Características culturales

Los características culturales evaluados fueron: color de la colonia en el anverso y el reverso, textura, pigmentación del medio (por apreciación visual del pigmento producido y su intensidad) y crecimiento aéreo (Nelson *et al.*, 1983).

### **3.4.2. Características morfológicas**

Se prepararon montajes de los aislados puros, y se consideró las siguientes características: la presencia o ausencia de los macroconidias y microconidias, las clamidosporas y los esporodoquios; así como el tamaño y ubicación de la fialide, la forma de la célula pie y célula apical. Se midieron el ancho y la longitud de cincuenta macroconidios y microconidios al azar. Las características microscópicas que se describen se utilizaron para la identificación de especie. Para ello se empleó las claves propuestas por Nelson *et al.*, (1983) y Leslie y Summerell (2006).

### **3.5. Determinación de características edáficas**

Para determinar las características físicas y químicas del suelo se recolectaron muestras de algunas zonas bananeras donde hubo la presencia de plantas con síntomas FMP, para ello se realizaron calicatas que obedecen a las Normas Legales existentes para Levantamiento de suelos, detalladas en el Decreto Supremo N° 013-2010- AG. La profundidad promedio fue de 1.2 m de ancho por 1.5 m de largo y 1.2 m de profundidad, según las condiciones del terreno, de cada horizonte se extrajo una muestra de aprox. 1 kg. (Ver fig. 18, cuadro 4, y anexos 1 y 2), las muestras fueron llevadas al laboratorio de Suelos de la UNP.

### **3.6. Ensayos de patogenicidad**

Los ensayos de patogenicidad se realizaron teniendo en cuenta los postulados de Koch.

#### **3.6.1. Preparación de plántulas**

Se emplearon cebollines recolectadas del campo, se llevaron al invernadero donde se retiraron las raíces y la capa externa del rizoma, luego se sumergieron en una solución de NaClO a 1% por 5 a 10 minutos de acuerdo al tamaño de los rizomas. Los cebollines fueron sembrados en camas con sustrato estéril (humus de lombriz) para su enraizamiento; después de 7 a 15 días de enraizamiento se trasplantaron en bolsas plásticas con sustrato estéril (suelo agrícola) que contenían aproximadamente 4 a 5 kg (Fig. 3). Luego de que las plántulas alcanzaron a tener 3 a 4 hojas verdaderas se procedió a la inoculación.

### **3.6.2. Obtención de inóculo**

El inóculo se obtuvo a partir de las colonias puras preservadas, luego se repicaron en placas de Petri con PDA con la finalidad de obtener suficiente inóculo, las placas se incubaron a 26 °C por un lapso de 7 a 14 días hasta que la colonia cubriera todo el espacio de la placa. La preparación de inóculo consistió en agregar 10 ml de agua destilada en placas con cultivo puro, se empleó triángulo de vidrio para remover y para así desprender las conidias; la suspensión de conidias fueron filtradas por un embudo con algodón estéril y recolectadas en erlenmeyers. Para determinar la concentración de conidias se empleó un espectrofotómetro.

### **3.6.3. Inoculación**

La suspensión de conidias se aplicó directamente a las raíces, empleándose por cada hijuelo 100 ml de la suspensión de conidias con una concentración de  $10^4$  UFC/ml.

Se inocularon con 12 aislados de hongos con 4 repeticiones, se consideró 4 hijuelos como testigo sembrados en sustrato estéril (sin inoculación) y 4 hijuelos como testigo sembrados en suelo agrícola de una planta con síntomas de FMP; en total se emplearon 68 hijuelos para el ensayo de patogenicidad. El ensayo se llevó a cabo en condiciones de invernadero, se evaluó la sintomatología de la enfermedad cada 15 días por un tiempo de 4 meses después de la inoculación.

### **3.6.4. Riegos**

Las plántulas inoculadas y los testigos fueron regadas con agua potable 3 veces por semana, de esta forma fueron mantenidas en capacidad de campo.





**Figura 3.** Preparación de hijuelos, desinfección de cebollines y sembrado en sustrato enraizador previamente esterilizado.

## CAPÍTULO 4

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de síntomas

##### 4.1.1. En hojas

Los síntomas se iniciaron en las hojas basales, se tornó de coloración verde pálido a amarillamiento uniforme a lo largo del margen de las hojas, seguido de pequeñas manchas necróticas (Fig. 4a), estas manchas necróticas rodeadas de halo amarillento avanzan hacia la nervadura central, y se observó epinastía en las hojas basales (Fig. 4b), posteriormente la necrosis se generaliza en toda la lámina foliar y se percibió colapso del peciolo quedando la hoja colgada en el pseudotallo a manera de una falda (Fig. 4c), posteriormente estos síntomas avanzan progresivamente hacia las hojas jóvenes del tercio superior quedando la planta con 3 a 4 hojas funcionales. Esta sintomatología coincide con lo descrito por De Beer *et al.*, (2001), indican que la enfermedad del FMP empieza en las hojas más bajas o viejas con un amarillamiento generalizado, el margen de cada hoja se torna verde pálido a amarillo, aparecen rayas necróticas rodeadas por un margen amarillo y la hoja muere finalmente; algunas veces la base de la hoja permanece verde y saludable, mientras que su parte distal se muere. Puede ocurrir brotamiento de hojas nuevas, pero los racimos por lo general son pequeños con dedos cortos y delgados.

Esta enfermedad en el valle del Chira es conocida por algunos productores como vela negra y otros lo conocen como Falso Mal de Panamá; en la actualidad los productores eliminan las plantas que presentan esta sintomatología, aplican cal y dejan en barbecho por un período de 2 meses, luego de este tiempo recalzan con hijuelos. Además los productores bananeros manifiestan que la enfermedad se presenta con mayor incidencia en los meses de invierno y con menor incidencia en los meses de verano.





**Figura 4.** Síntoma en hojas del FMP. a) amarillamiento inicial y necrosis en el borde de las hojas. b) necrosis foliar con halo amarillento en el borde de las hojas que avanza hacia la nervadura central y Epinastia. c) colapso del peciolo de las hojas basales del tercio inferior y posterior necrosis.

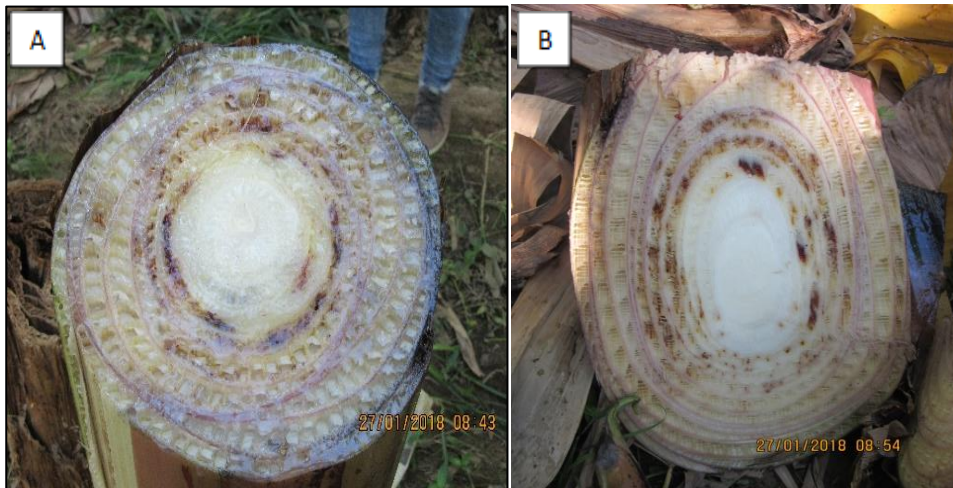
#### **4.1.2. En pseudotallo**

Al realizar un corte trasversal en el pseudotallo del banano a la altura de 1m sobre el nivel del suelo, se pudo observar manchas necróticas discontinuas de coloración marrón oscuro rojizo en los haces vasculares, no se observó la formación de bolsillos gomosos en el cilindro central lo que es característico del Mal de Panamá (Fig. 5 a y b) y al realizar un corte longitudinal del pseudotallo se observó como síntoma la presencia de estrías necróticas continuas de coloración marrón rojiza en los haces vasculares (Fig. 6 a y b). Según, De Beer *et al.*, (2001) observó en el pseudotallo a la altura de 50-100 cm por encima del nivel del suelo la presencia de muchos filamentos vasculares rojo vino descolorado en las plantas afectadas por el FMP, los filamentos vasculares descolorados usualmente no son continuos, ocurriendo en regiones cortas de unos 10 cm de largo separados por unas brechas anchas; estas características coincide con los síntomas observados a nivel de campo en todas las zonas muestreadas en esta investigación.

Sabadell (2003), en España, observó que en plantas afectadas por Falso Mal de Panamá existe un desorden generalizado de las estructuras vasculares, tanto xilema como floema, y reportó que los haces vasculares del xilema se encontraron colapsados por sustancias amorfas, y el floema presentó desorganizado y en algunos casos repleto de materiales amorfos y concluyó en sus estudios histológicos que en el xilema pueden presentarse oclusiones con materiales de diversa naturaleza y en el floema se presentó desorganizado junto con las células acompañantes que pueden presentar además importantes acumulaciones de sustancias de naturaleza lipídica, polisacáridos y proteínas.

Es posible que los síntomas internos en los haces vasculares hayan influenciado directamente en la manifestación de amarillamiento y necrosis de hojas en plantas de banano, así mismo esta enfermedad del Falso Mal de Panamá en el valle del Chira se viene presentando en los cultivares Valery y Williams.





**Figura 5.** a y b. Corte transversal del pseudotallo del banano con síntomas de manchas necróticas discontinuas de coloración marrón rojiza en los haces vascular.



**Figura 6.** a y b. Corte longitudinal del pseudotallo del banano con síntomas de estrías necróticas continuas de coloración marrón rojiza en los haces vasculares.

#### 4.1.3. En rizoma

En rizoma se pudo observar síntomas de puntuaciones necróticas dispersos en el anillo vascular y en el centro del rizoma, además se pudo observar filamentos blancos típicos del FMP (Fig. 7). Según investigaciones realizadas por Sabadell y Hernández (1999), describen que al realizar un corte transversal en el rizoma, se observaban oscurecimientos vasculares similares a los observados en el “Mal de Panamá” (MP), que podían continuar ascendiendo por el pseudotallo, aunque en el FMP eran de forma discontinua, mientras que el MP son continuos pudiéndose seguir su trayectoria desde el rizoma hasta el pseudotallo.



**Figura 7.** Rizoma del banano con síntoma de puntuaciones necróticas en el anillo vascular con filamentos blancos.

#### 4.1.4. En raíces

Se registró escasa formación de raíces, en muchos casos se observó necrosis de raíces posiblemente causada por nematodos, también se reconoció puntos de pigmentación rojizo oscuro (Fig. 8). Esta sintomatología concuerda con los reportes de Deacon (1997), en Sudáfrica que el FMP está asociado con daños causados por nematodos aunque se demostró que no eran la causa del problema. Sabadell y Hernández (1999) describieron que las raíces también podían estar muertas, o presentar necrosis en los ápices por factores abióticos como compactación de suelo, encharcamiento y anoxia. Hasan (1993), en Islas Canarias encontró nematodos asociados a algunos casos del FMP, quizás el papel del nematodo sea predisponer a las raíces a la infección por determinados hongos y bacterias. Vovlas *et al.*, (1994)

realizó estudios en Creta (Grecia) y determinó que los daños por nematodos incrementan la severidad de la enfermedad (sinergismo) en plataneras con síntomas aéreos de decaimiento y con necrosis en raíces producidas por diferentes nematodos. Pinochet (1979) encontró una asociación de determinadas especies fúngicas con lesiones por nematodos tanto en plátano como en banano. Se encontraron en 71% de las muestras: *Acremonium stromaticum* (22%), *Fusarium solani* (18%), *Cylindrocarpon musae* (17%) y *F. verticillioides* (14%). Los mismos hongos y con frecuencias similares fueron encontrados asociados a lesiones de nematodos en plátanos.

En las zonas muestreadas en el presente estudio probablemente los síntomas de la enfermedad en raíces se encuentren asociados con algunos nematodos fitoparásitos, lo que podrían predisponer al ingreso de los hongos que conllevarían a la manifestación de lesiones necróticas lo que limitaría la absorción de agua y nutrientes.



**Figura 8.** Raíces de plantas con síntomas del FMP a) se observa síntomas de lesiones necróticas b) estrías necróticas en los haces vasculares.

#### 4.2. Aislamiento de hongos

En total, se obtuvieron 44 cepas del género *Fusarium*, las cuales se aislaron del pseudotallo, rizoma y raíces con los síntomas del FMP.

### 4.3. Identificación y caracterización de los hongos

Se identificaron a nivel de especie 15 cepas correspondieron a *Fusarium solani*, 9 a *F. verticillioides* y 13 a *F. oxysporum* (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Identificación de especies del género *Fusarium*, obtenidos a partir de raíces, rizomas y pseudotallos de plantas de banano orgánico con síntomas del Falso Mal de Panamá, provenientes de diferentes zonas bananeras del valle del Chira Sullana, Piura.

Nº	Código	Hongos identificados
1	RQSC	<i>Fusarium solani</i>
	RZQSC	<i>Fusarium verticillioides</i>
2	RQSC3	<i>Fusarium solani</i>
	RQspp	<i>Fusarium verticillioides</i>
3	RZQspp2x	<i>Fusarium verticillioides</i>
	SPQspp	<i>Fusarium verticillioides</i>
4	RQspp1	<i>Fusarium oxysporum</i>
	2RZQspp	<i>Fusarium oxysporum</i>
5	RQSR	<i>Fusarium solani</i>
	RQH	<i>Fusarium solani</i>
6	PSH	<i>Fusarium oxysporum</i>
7	RQMb	<i>Fusarium oxysporum</i>
8	RSB	<i>Fusarium spp.</i>
	R1VCE	<i>Fusarium solani</i>
9	R2VCE	<i>Fusarium solani</i>
	PSVCEb	<i>Fusarium verticillioides</i>
10	PSVCEl	<i>Fusarium oxysporum</i>
	RVF	<i>Fusarium verticillioides</i>
11	VF	Nn
	PSCb3	<i>Fusarium oxysporum</i>
12	RZCb5	<i>Fusarium verticillioides</i>
	PSCb2	<i>Fusarium spp.</i>
13	RCb	<i>Fusarium oxysporum</i>
	RZCb	<i>Fusarium verticillioides</i>
	PSSCñ2	<i>Fusarium oxysporum</i>
14	RZCñ	<i>Fusarium solani</i>
	RMSP	<i>Fusarium solani</i>
15	RZMSP	<i>Fusarium oxysporum</i>
	RQSA1	<i>Fusarium spp.</i>
16	RQSA	<i>Fusarium solani</i>
	RQSA2	<i>Fusarium solani</i>
17	RQSAb	<i>Fusarium spp.</i>
	RMapp	<i>Fusarium solani</i>
18	RMapp3	<i>Fusarium oxysporum</i>
	CrGS	<i>Fusarium verticillioides</i>
19	RGS	<i>Fusarium solani</i>
20	RN1	<i>Fusarium solani</i>
	RGM	<i>Fusarium oxysporum</i>
21	RZGM	<i>Fusarium oxysporum</i>
	PSGM	<i>Fusarium spp.</i>
	RPM	<i>Fusarium solani</i>
22	R4PM	<i>Fusarium oxysporum</i>
	RUNP	<i>Fusarium solani</i>
23	RZUNP	<i>Fusarium spp.</i>

Fuente: elaboración propia

Nn = no identificado

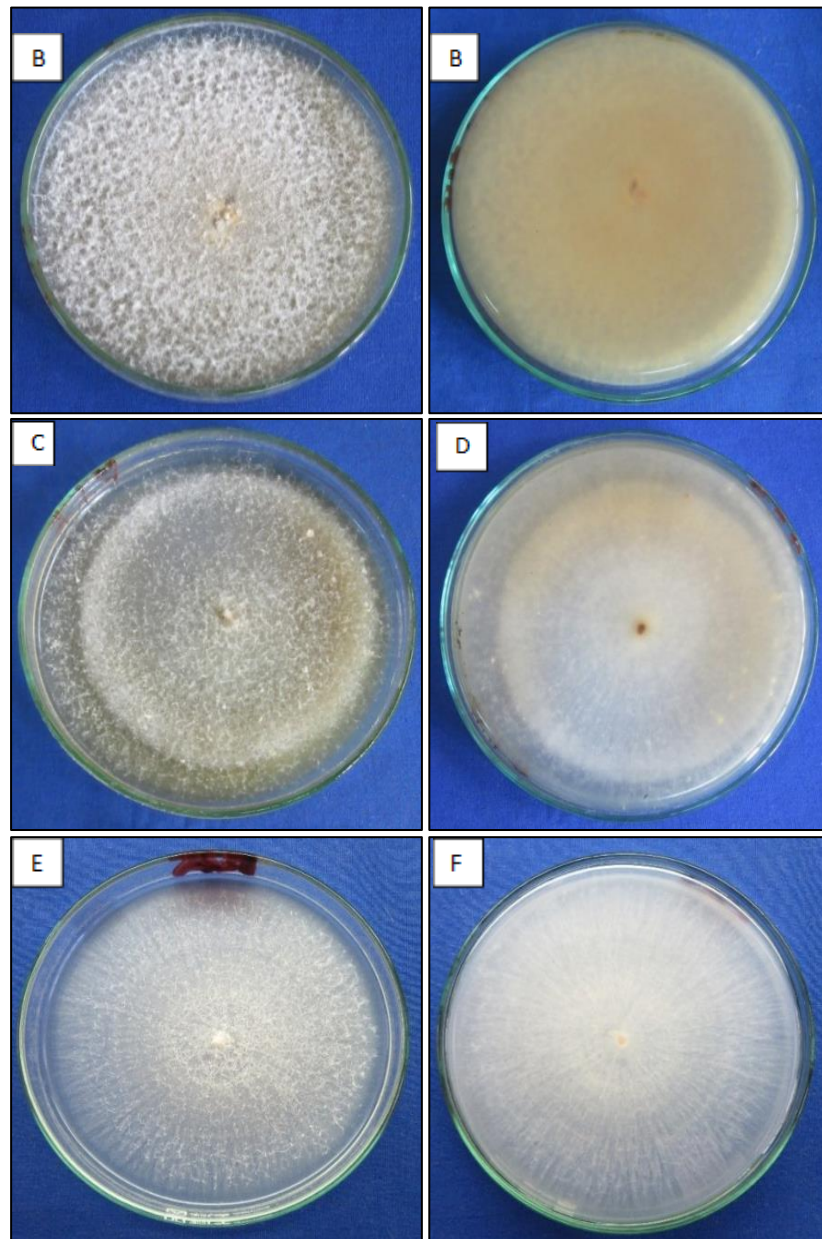
#### 4.3.1 Características culturales

Las características culturales de los aislados RQSC, RQSC3, RQSR, RQH, R1VCE, R2VCE, RZCñ, RMSP, RQSA, RQSA2, RMapp, RGS, RN1, RPM y RUNP fueron muy parecidas. En medio PDA desarrollaron colonia algodonosa de color blanco algodonoso en el anverso y en el reverso de la placa se observó pigmentación ámbar, algunos presentaron de tonalidad blanco amarillento y otros amarillo cremoso, estas características según Nelson et al., (1983) y Leslie y Summerell (2006) corresponde a la especie *Fusarium solani* (Fig. 9).

Las colonias de los aislados CQSC, RQspp, RZQspp2x, SPQspp, PSVCEL, RVF, RZCb5, RZCb, y CrGS desarrollaron en medio PDA colonia algodonosa de aspecto pulverulenta, crecimiento semirastrero, de coloración violeta en el centro, algunas cepas mostraron coloración blanquecina en los márgenes y en el anverso se observó pigmentación violácea, estas características corresponden a *Fusarium verticillioides* (Fig. 10).

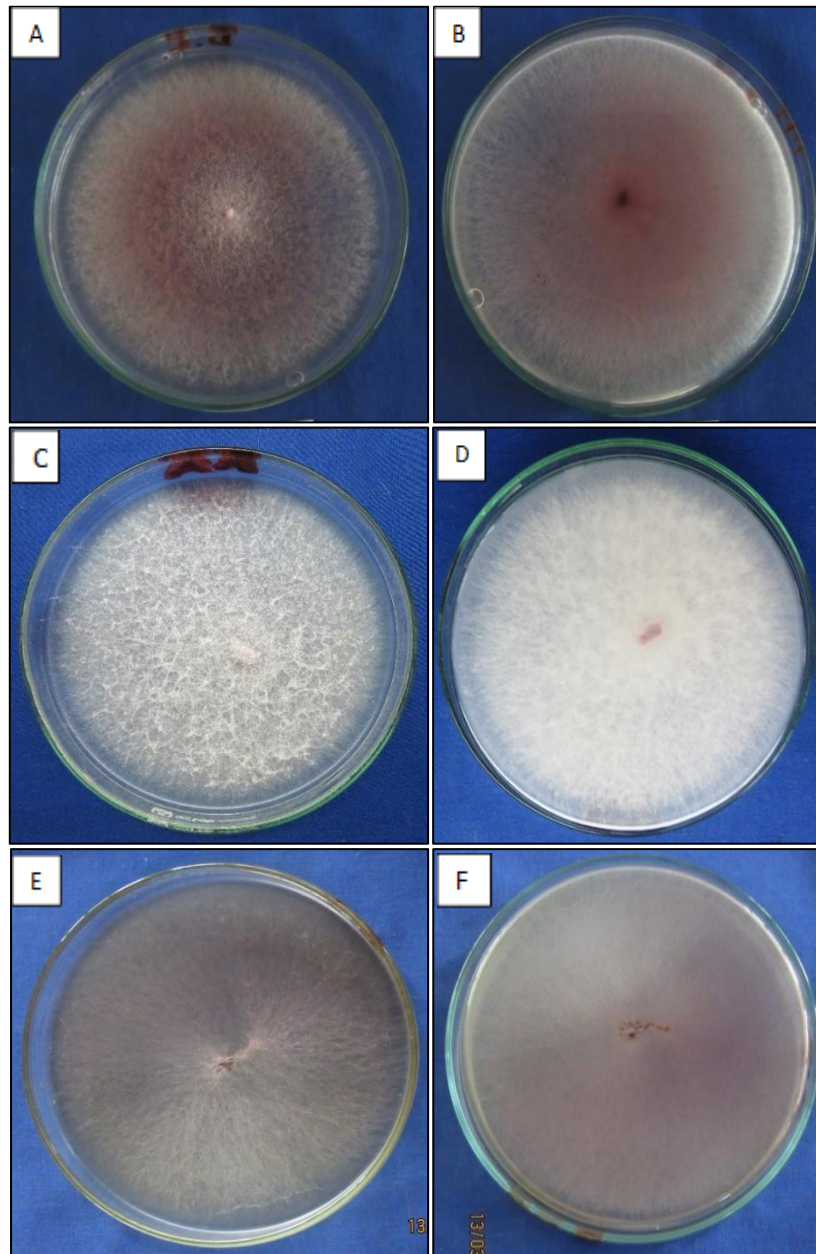
Las colonias de los aislados RQspp1, 2RZQspp, PSH, RQMb, PSVCEb, PSCb3, RCb, PSSCñ2, RZMSP, RMapp, R4PM, RZGM y RGM, en medio PDA desarrollaron colonia algodonosa de coloración violeta en el centro y en el envés se aprecia tonalidad violácea estas características corresponde a *Fusarium oxysporum* (Fig. 11).



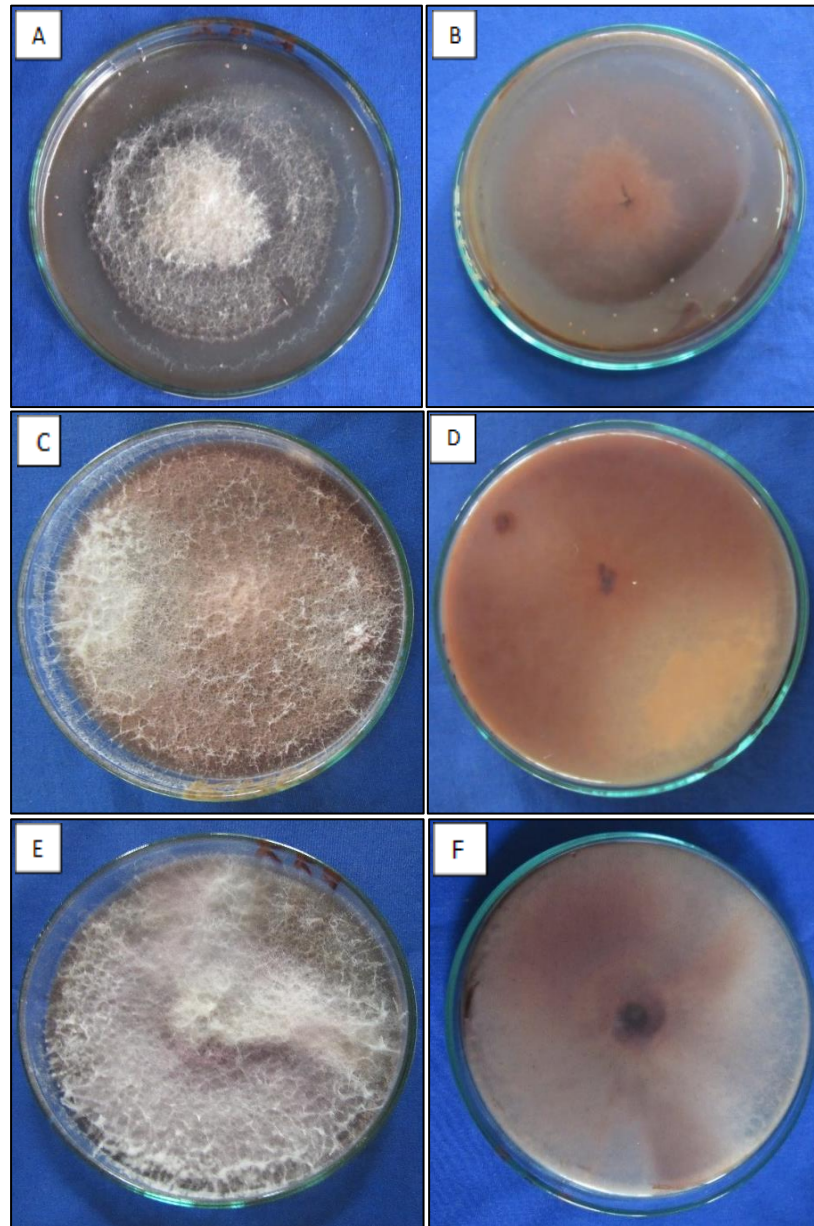


**Figura 9.** Características culturales del aislado QSSP RZ, en el haz se observa colonia algodonosa de color blanco y en el reverso de la placa se observa una coloración ámbar (*Fusarium solani*).





**Figura 10.** Características culturales del aislado RVF, colonia algodonosa de color violeta en el centro y en el envés se aprecia tonalidad violácea, aspecto pulverulenta, *Fusarium verticillioides*.

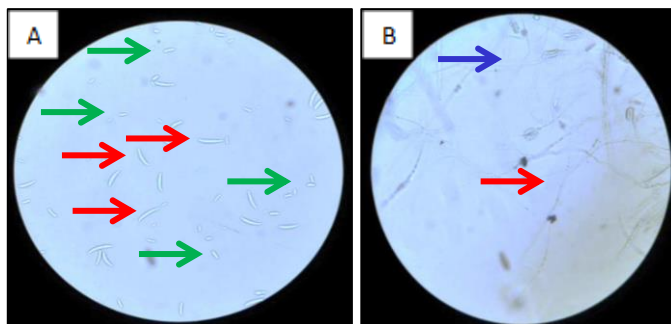


**Figura 11.** Características culturales del aislado PsQSC, colonia algodonosa de color violeta en el centro y en el envés se aprecia tonalidad violácea, *Fusarium oxysporum*.

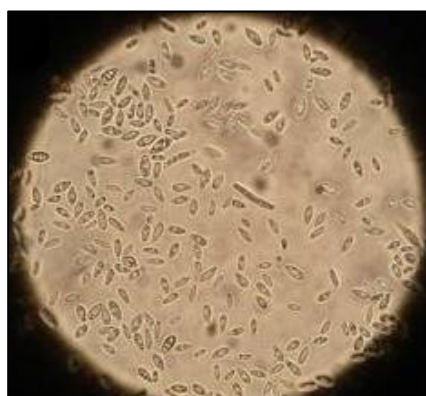
#### 4.3.2. Características morfológicas

Los aislados de hongos con código: RQSC, RQSC3, RQSR, RQH, R1VCE, R2VCE, RZCñ, RMSP, RQSA, RQSA2, RMapp, RGS, RN1, RPM y RUNP, presentaron macroconidias falcadas forma de media luna algo curvadas, cuyo tamaño osciló de 23 - 63 x 4 - 6  $\mu$  LxA y las microconidias fueron uni y bicelulares con un tamaño que osciló de 8-16 x 3-5  $\mu$  LxA), las clamidosporas se desarrollaron en pares y solitarias, además se observó la formación de esporodoquios, estas características según la clave de Nelson *et al.*, (1983) y Leslie y Summerell (2006) corresponden a la especie *Fusarium solani* (Fig. 12). Los otros aislados como: CQSC, RQspp, RZQspp2x, SPQspp, PSVCEI, RVF, RZCb5, RZCb, CrGS desarrollaron microconidias unicelulares hialinas abundantes cuyo tamaño fue de 6 x 3  $\mu$  LxA, no se observó formación de macroconidias ni clamidosporas (Fig. 13), estas características corresponden a la especie *Fusarium verticillioides*.

Finalmente los aislados: RQspp1, 2RZQspp, PSH, RQMb, PSVCEb, PSCb3, RCb, PSSCñ2, RZMSP, RMapp, R4PM, RZGM, RGM, presentaron abundante desarrollo de macronidias falcadas con 3 a 5 septas cuyo tamaño fue de 20 - 59  $\mu$  x 2-6  $\mu$  LxA), las microconidias fueron uni y bicelulares (4-5  $\mu$  x 2-4  $\mu$  LxA), las clamidosporas se desarrollaron solitarias y en pares (Fig. 14), estas características coinciden para la especie *Fusarium oxysporum* según las claves de Nelson *et al* (1983) y Leslie y Summerell (2006).



**Figura 12.** Estructuras microscópicas: A) macroconidias falcadas ( $23 - 63 \times 4 - 6 \mu \text{ LxA}$ ) y microconidias uni y bicelulares ( $8-16 \times 3-5 \mu \text{ LxA}$ ) B) Clamidosporas en pares y solitarias (*Fusarium solani*).



**Figura 13.** Microconidias ( $6 \times 3 \mu$ ) unicelulares hialinas abundantes, escasa formación de macroconidias ( $24 \times 5 \mu$ ) y no forma clamidosporas (Nelson *et al*, 1983; *Fusarium verticillioides*).



**Figura 14.** Macronidias falcadas con 3 a 5 septas ( $20 - 59.5 \mu \times 2-6 \mu \text{ LxA}$ ), microconidias uni y bicelulares abundantes ( $4-5 \mu \times 2-4 \mu \text{ LxA}$ ), clamidosporas solitarias y en pares (*Fusarium oxysporum*).



#### 4.4. Características edáficas del suelo de las zonas muestreadas

Los análisis de suelos realizados en algunas plantaciones bananeras afectadas, revelaron en los primeros 20 cm. contiene 19,8 kg. de Nitrógeno; 29.47 kg. de  $P_2O_5$  y 286.34 kg. de  $K_2O$ , siendo valores muy bajos en N y P. la textura franco arcilloso de un 60 % de porosidad se caracteriza por un suelo profundo sin interrupción física importante, pero con tendencia a la compactación. El pH 7.16; neutro; sin problemas de sales, adecuado para el cultivo de banano (cuadro 4).



**Figura 15.** a) lectura de los horizontes. b) extracción de muestras de cada horizonte. c) muestras codificadas.

**Cuadro 4.** Descripción morfológica y niveles de fertilidad de los horizontes de diagnóstico del valle del Chira-Sullana, Piura, 2018.

Descripción Morfológica y Niveles de Fertilidad de los Horizontes de Diagnostico		
Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0 – 20	Horizonte de color gris rojizo (2.5 YR 5/1) en seco, y gris rojizo oscuro (2.5 YR 3/1) en húmedo; textura, franco arcilloso; estructura, granular, de grado moderado; consistencia, de tipo moderada en seco y adhesivo en húmedo; reacción, neutra (pH 7.16), con contenido alto en materia orgánica (MO: 0.68%); nivel muy bajo en nitrógeno total (Nt: 0.03%); nivel medio en fósforo disponible (P: 13 ppm); contenido medio en potasio disponible (K: 180 ppm); posee alta capacidad de intercambio catiónico (CIC: 18.68 meq/100 g.s.), con acetato de amonio 1N y neutro; sin problemas de carbonatos (CaCO <sub>3</sub> : 0.28%); existe activa bioturbación y tipo de limite claro y plano.
Bt <sub>1</sub>	20 – 44	Horizonte de color gris (5 YR 6/1) en seco, color muy gris oscuro (5 YR 3/1) en húmedo; textura, franco arcilloso; de estructura, del tipo cubica sub angular media de grado ligeramente dura en seco; consistencia, moderada en seco; y adhesivo en húmedo; reacción, neutra (pH 7.44); contenido bajo en materia orgánica (MO: 0.40%); nivel bajo en nitrógeno total (Nt: 0.02%); bajo contenido de fósforo disponible (P: 11 ppm); nivel medio en potasio disponible (K: 180 ppm); media capacidad de intercambio catiónico (CIC: 17.89 meq/100 g.s.), con acetato de amonio 1N y neutro; sin problemas de (CaCO <sub>3</sub> : 0.57%); existe evidencia de bioturbación y presenta un tipo de limite gradual y plano.
Bt <sub>2</sub>	44 – 77	Horizonte de color gris parduzco claro (10 YR 6/2) en seco, y de color pardo grisáceos oscuro (10 YR 4/2) en húmedo; de textura, franco arcilloso; estructura, tipo cubica media, de grado moderada; consistencia, moderada en seco; adhesiva en húmedo; reacción, neutra (pH 7.50), contenido bajo en materia orgánica (MO: 0.18%); nivel bajo en nitrógeno total (%Nt: 0.01); bajo en fósforo disponible (P: 10 ppm); contenido medio en potasio disponible (K: 170 ppm); media capacidad de intercambio catiónico (CIC: 16.34 meq/100 g.s.), con acetato de amonio 1N y neutro; con nivel medio de calcáreo total (CaCO <sub>3</sub> : 1.36%); existe aún tenue actividad biológica y tipo de limite gradual y plano.
BC	77 – 130	Horizonte de color gris (10 YR 6/1) en seco, y de color muy oscuro grisáceo pardo (10 YR 3/2) en húmedo; de textura, franco arenosa; estructura tipo arena gruesa débil, de grado moderado; consistencia, de tipo débil moderada en seco; y adhesivo en húmedo; reacción neutra (pH 7.18), contenido bajo en materia orgánica (MO: 0.17%); nivel bajo en nitrógeno total (%Nt: 0.01); nivel bajo en fosforo disponible (P: 12 ppm); contenido medio en potasio disponible (K: 150 ppm); nivel bajo de la capacidad de intercambio catiónico (CIC: 8.29 meq/100 g.s.), con acetato de amonio 1N y neutro; sin problemas de calcáreo total (CaCO <sub>3</sub> : 0.26%); la actividad biológica disminuye a esa profundidad y el tipo de limite es difuso.

Fuente: Elaboración del Ing. M. Galecio J. en el año 2018

En los análisis de muestreo, la determinación de perfil y descripción morfológica se determinó características desfavorables para el desarrollo adecuado del cultivo, probablemente estas condiciones predisponen la infección de los hongos aislados e identificados en el presente estudio. La textura franco arcillosa fácilmente llega a compactarse con los riegos pesados o por inundaciones, lo que conlleva a la anoxia de raíces. Otra condición desfavorable que se presentó en las zonas bananeras fue la falta de disponibilidad del agua de riego, muchas veces la frecuencia de riego se realizó a los 25 a 30 días, lo que ha generado compactación del suelo, cuarteaduras o grietas, estrés hídrico todo ello ha repercutido en la alteración fisiológica y susceptible al ataque de hongos del suelo. Además existen deficiencias de materia orgánica (anexo 2); coincidiendo con Sabadell (2003) quien encontró en los análisis de suelos de algunas plantaciones afectadas, ciertos casos la materia orgánica en suelo era baja aunque no existe un patrón constante en los casos estudiados que pueda relacionarse directamente con el FMP y los materiales arcillosos, los cuales poseen gran cantidad de reservas hídricas en forma higroscópica, es decir no utilizables por las plantas.

Asimismo se determinó deficiencias de nitrógeno, fósforo (anexo 2) posiblemente influyan en el desarrollo de la enfermedad. Sabadell (2003) concluyó que los resultados obtenidos apuntan a causas de origen abiótico, en particular a ciertas características de los suelos que produzcan compactación, hipoxia y bloqueo en la absorción de nutrientes y no descarta la interacción de factores bióticos como las especies patógenas estudiadas en la expresión de la enfermedad por los síntomas vasculares.

#### 4.5. Ensayos de patogenicidad

Después de 55 ddi hijuelos inoculados con los aislados RQSC, QSR, R2VCE, RQSA2, RN1 produjeron síntomas de amarillamiento y necrosis en el borde de las hojas (Fig. 16), estos aislados corresponden a la especie *Fusarium solani*; al ser extraídas los hijuelos de las bolsas a nivel de raíces se observó lesiones necróticas (Fig. 17), al realizar los reaislamientos se obtuvieron colonias algodonosas de coloración blanquecina en el anverso y reverso, estas características corresponden a especie *F. solani* (Fig. 18), sin embargo en el pseudotallo y rizoma no se observaron síntomas en los haces vasculares. Mientras PSVCEI, RVF, RZQsp2x de *F. verticillioides* y PSSCñ2, PSCb3, PSQsp, RMapp de *F. oxysporum* no causan los síntomas de la enfermedad.

Los resultados del presente estudio coinciden con los reportes de Deacon *et al.*, (1985), en Sudáfrica estudiaron la microflora asociada a los síntomas del Falso Mal de Panamá, quienes realizaron estudios de patogenicidad en condiciones normales con algunas de las especies aisladas, sobre todo con *Fusarium oxysporum*, obteniéndose resultados negativos. Así mismo Sabadell (2003), en España en sus ensayos de patogenicidad concluyó que ninguna de las especies fúngicas y bacterianas ha reproducido la aparición de síntomas típicos en pruebas de inoculación simples ni en aquellas en las que se han ensayado interacciones con factores abióticos como encharcamiento y compactación del suelo y finalmente Reinking (1926). Realizo pruebas de patogenicidad y no pudo reproducir los síntomas con las inoculaciones de especies pertenecientes al género *Fusarium*.

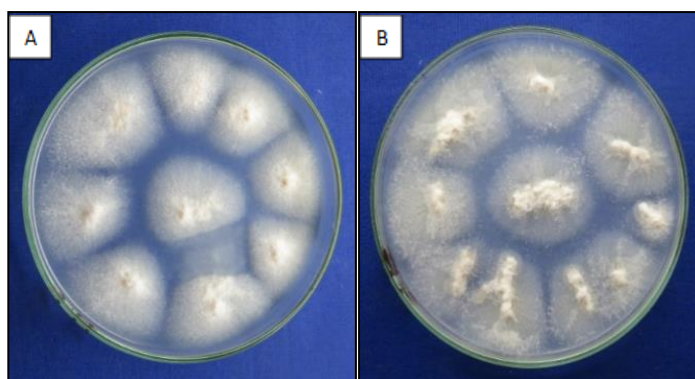




**Figura 16.** Ensayos de patogenicidad inoculada con la cepa RQSC *Fusarium solani* (derecha) y testigo sin inoculación (izquierda).



**Figura 17.** Ensayos de patogenicidad se aprecia 2 raíces sanas (izquierda) 2 raíces con estrías necróticas inoculada con la cepa RQSC *Fusarium solani*.



**Figura 18.** a y b) reaislamiento del hongo *Fusarium solani* a partir de raíces infectados del hijuelo de banano inoculadas con la cepas RQSC y RN1.

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSIONES

- 5.1. Como síntoma principal del FMP al realizar cortes transversales en el pseudotallo del banano se observó lesiones necróticas discontinuas y al hacer cortes longitudinales se apreció necrosis de color marrón oscuro en los haces vasculares. En rizoma se percataron puntuaciones necróticas en el cilindro central y en el anillo vascular con filamentos blancos. En hojas se visualizó amarillamiento y necrosis en los bordes, que avanzó hacia la nervadura central, y como síntoma avanzado se observó colapso del peciolo y muerte de la planta.
- 5.2. Se han aislado 44 hongos del género *Fusarium* spp., de los cuales 15 cepas se identificaron con *Fusarium solani* y 9 *F. verticillioides* y 13 *F. oxysporum*.
- 5.3. Los aislados RQSC, QSR, R2VCE, RQSA2, RN1 que pertenece a la especie *Fusarium solani*, reprodujeron lesiones necróticas en raíces.

## **CAPÍTULO 6**

### **6. RECOMENDACIONES**

- 6.1. Continuar con el diagnóstico para determinar que otros factores bióticos y abióticos predisponen a la enfermedad del FMP en diferentes zonas bananeras de los valles de Piura.
- 6.2. Realizar caracterización molecular de los hongos asociados a la enfermedad del FMP.
- 6.3. Realizar identificación de la incidencia de la enfermedad FMP que se presenta en diferentes texturas de suelos.

## CAPÍTULO 7

### 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Agrios, G.N.** (2005). Plant pathology, Effect of pathogens on translocation of water and nutrients in the host plant. 5ed. Publisher Dana Dreibelbis, Printed in the United States of America. p 131.

**Agrios, G. N.** (2006) Plant Pathology. Quinta edition

**Aubert, B.** (1973) Particularités anatomiques liées au comportement hydrique des bananiers. Fruits 28, pp. 589-604.

**Araya, J. M.** (2008). Agrocadena de Plátano. Caracterización de la Agrocadena. Ministerio De Agricultura y Ganadería - Dirección Regional Huerta Norte. Editorial 82 pp.

**Bakshi, T. S.** (1963). Bananas of Southern Sierra Leone. Econ. Bot (17):252-262.

**Barnes, R. F.** (1962) Grenada banana disease. In 'Report of Banana Investigation'. (Ed. UoW Indies). (Regional Research Centre).

**Beckman, CH** (1990). Alojamiento al patógeno. Páginas 93 - 105 en: Fusarium del banano. RC Ploetz, Ed. La Sociedad Americana de Fitopatología, St. Paul, MN.

**Berrie, A. M.** (1997). The Musaceae: the bananas. In: An introduction to the botany of the major crop plants. Heyden, Londres, 113-116pp.

**Belalcázar, S; Rosales, F. E; Pocasangre, L. E.** (2003). El “Moko” del plátano y banano y el rol de las plantas hospedadoras en su epidemiología. En: Rivas G; Rosales F, eds. Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos. Actas del Taller “Manejo

convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas”, celebrado en Guayaquil, Ecuador. 11–13 de agosto de 2003. p 159–179. Disponible en: [www.musalit.org/pdf/IN050064\\_es.pdf](http://www.musalit.org/pdf/IN050064_es.pdf).

**Booth, C.** (1971). The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. CAB International; Kew, Surrey, Inglaterra Editor TAXI. 237 pp.

**Boss** (2003) Asociación, Bananeros Orgánicos Solidarios. E-mail: disponible en: <http://www.bos-salitral.com/es/producto.html>

**Buddenhagen, I.W.** (1986) Bacterial wilt revisited. In: Bacterial wilt disease in Asia and the South Pacific. Proceedings of an International Workshop held at PCARRD, Los Banos, Philippines, 8- 10 October 1985 (Ed. by Persley, G.J.), pp. 126-143. ACIAR Proceedings 13. Buddenhagen, I.W.; Kelman, A. (1964) Biological and physiological

**Champion J.** (1968) 'El Plátano.' (Barcelona).

**Cheesman, E. E.** (1948). Classification of the bananas III. *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L. Kew Bulletin 2 (3). pp. 145–153.

**Da Costa, I.C.** (1982). Agricultural aspects of banana cultivation in polders in Surinam. International Symposium: Polders of the world. Lelystad, Netherlands 2: 286-294.

**Deacon, J.** (1997) FPD of bananas: a nematode problem CSFRI, Levubu.

**Deacon, J.W.; J.A. Herbert & Joasia Dames.** (1985). False Panama disorder of bananas. ITSC Information Bulletin 149: pp. 15-18.

**De Beer, Z. C.; Hernández, J.; Sabadell, S.** (2001) Enfermedad del Falso Mal de Panamá en banano. Hoja divulgativa N° 9. INIBAP. 4pp.

**De Langhe, E.** (1996) Banana and plantain: The earliest fruit crops. In INIBAP Annual Report 1995. Montpellier, France, INIBAP. pp.6-8.

**Douglas H.M.; Turner B. S.; Kenneth R.B.** (2002). Diseminación del banano en Latinoamérica y el Caribe y su relación con la presencia de *Radopholus similis* L. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 66 pp. 62 – 75.

**Dunlap, V. C.** (1923) 'Weekly reports on banana investigations. United Fruit Co, Panamá Div., Panamá.

**Espinoza M, Alfonso; Armijos L, Fernando; Figueroa N, Manuel.** (1986) Informe Técnico Anual – INIAP, Reconocimiento e identificación de las enfermedades que afectan al banano en el Ecuador. p. 23. Consultado el 3 de julio del año 2016. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=PADIPR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000647>

**Fairlie, R. A.** (2008). “Asociaciones de pequeños productores y exportaciones de banano orgánico en el valle del Chira\*” Economía y Sociedad 69, CIES. 39 pp.

**FAO** (2017). Producción de Banano Orgánico en Perú. Foro Mundial Bananero. Colección de buenas prácticas agrícolas - pp 4.

**Fernández, B. & López, D.** (1970). “Pudrición acuosa del pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca* L) causada por *Erwinia paradisiaca* n. sp.” En: Revista Cenicafé, 21(1): 50.

**French, E. R. y Hebert, T. T.** (1980) Métodos de investigación fitopatológica. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 300 pp.

**Ganry, J.** (1973) Étude du développement du système foliaire du bananier en fonction de la température. *Fruits* 28, pp. 499-516.

**Greenway, P. J.** (1944). Origen of some East African food plants. *East Afr. agric.* pp. 34(9):115-119.

**Gómez E. A.** (2005). Aislamiento, identificación y caracterización del agente causal del Moko del plátano, *Ralstonia solanacearum* raza 2, proveniente de plantaciones afectadas en Colombia. Tesis de grado. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 93 p.

**Guevara, V., Monterroso, D y Núñez, G.** (2002). Efecto de la cal y la urea en el manejo del moko de las musáceas. Manejo integrado de plagas y Agroecología. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). No. 66. p 96-97.

**INIA-CENIAP** (s. a) Díptico Raza 4 Mal De Panamá (*Fusarium Oxysporum f sp cubense*). Consultado el día miércoles 17 de agosto del 2016. Disponible en: <http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/noperiodicas/pdf/Diptico%20enfermedades%20banano.pdf> 2015/ TR4/cartilla-platano-ICA-final-BAJA.pdf

**ICA.** (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (*Musa spp.*). Medidas para la temporada invernal. Instituto Colombiano Agropecuario, Recuperado el 15 de septiembre de 2016 de [http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs\\_Resources](http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources)

**Jones, D.** (2000). Diseases of banana abaca and enset, Diseases caused by bacteria. Cabi publishing. New York, US. p 213, 217.219-221

**Koch, A.L** (1975). The Kinetics of Mycelial Growth. *Journal of General Microbiology* 89, 209-216.

**Lahav, E. I.; Jones, D.R. and Stover, R.H.** (1999) Non-infectious disorders of banana. In Diseases of banana, abacá and Enset'. CABI Publishing: Wallingford, Oxon, UK. Ed. DR Jones. pp. 325-338.

**Leslie John F. and Summerell Brett A.** (2006). El manual de laboratorio de Fusarium. Oxford, Reino Unido. 388 pp.

**León, M. Ga.** (2007). Control de plagas y enfermedades en los cultivos, enfermedades del tallo y del pseudotallo. Ed.1 Grupo latinos editores Ltda. pp 208-210-213.

**López, M.** (1984). El plátano. Ciudad de La Habana. Ed. Pueblo y Educación, pp. 304.

**Loaiza, A. J O.** (2007). Estudio de la epidemiología del moko del banano (*Ralstonia solanacearum*). pp 26. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado el 9 de noviembre de 2011. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1529.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1529.pdf)

**Maciel, C. Z. J.; y Borges A.** (2000) Problemas de causa abiótica e anormalidades de causa desconocida. Frutas de Brasil. Banana Fitosanidad pp. 8, 87-95.

**Marshall, D. S.** (1956). The settlement of Polynesia. Scientific Amer. (1195): pp. 59-72.

**Martínez, G.; Rey, J. C.; Castro L.; Micale E.; Lopez O.; Fernandez N., Pargas R.; Manzanilla E.** ( 2015). Falso Mal de Panamá: Enfermedad de alto riesgo en banano (Musa AAA, subgrupo Cavendish) en la Región Central de Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP).

**Martínez, B.; Fornet, E.; y Bravo, N.** (1992). “Técnicas Generales de Micología Vegetal” San José de las Lajas, Cuba: Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CNSA) folleto 15pp.1992.



**Merril, E. D.** (1941). Man's influence on the vegetation of Polynesia with special reference to introduced species. Proc. 6th Pacific Sci. Conger 4, pp. 629- 639.

**Nelson, P.E; Tousson, T.A; Cook, R.J.** (1981) *Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy*. (The Pennsylvania State University: Pennsylvania State).

**Nelson, P.E., Tousson, T. A., Marasas W. F. O.** (1983). "Fusarium species an illustrated manual of identification. The Pennsylvania State University Press University Park and London. pp. 193.

**Olaondo, A. Jon A.** (2016) Biofumigación y biosolarización para el manejo del Mal de Panamá en la platanera de Canarias. Tesis para ingeniero técnico agrícola, Universidad pública de Navarra. pp 76.

**Osuji, J. O.** (1997). Multivariate pattern of quantitative tract variation in triploid banana and plantain cultivars. *Scientia Horticulture* 71: 197-202.

**Permar, J.H.** (1925). Colorado disease in the farm 8 Lacatan planting. A. Rep. United Fruit Co. for period December 27, 1924 to December 5, 1925, Panama Div.

**Ploetz, R. C.** (1990). *Fusarium Wilt of Banana*. Ed. La Sociedad Americana de Fitopatología, St. Paul, MN.

**Pinochet, J.** (1979) Nematode-fungus associations in bananas and plantains. Society of Nematologists: Abstracts of papers presented at the 18th Annual Meeting, Salt Lake City, Utah, July 11, 311-312.

**Prescott, S.C.** (1917). Diseases of the banana. Bull. United Fruit Co. Res. Dep. 2.

**Price, N.S.** (1995). The origin and development of banana and plantain cultivation. In *Bananas and Plantains*. Gown, S.R .Ed. London, Chapman & Hall. pp 1-13.

**Reinking, O. A.** (1926) Fusarium inoculations experiments. Relationships of various species of Fusarium to wilt and Colorado disease of bananas. *Phytopathology* 16, 371-392.

**Reynolds, P. K.** (1951). Earliest evidence of banana culture. *J. Amer. Oriental Soc. Suppl.* pp. 12-28.

**Reynolds, P. K.** (1927). *The Banana: Its History, Cultivation and Place among Staple Foods.* Cambridge, M A, Houghton Mifflin. pp. 13-38.

**Rodríguez, M. S.** (2012). Información Técnica: Mal de panamá: medidas de control y prevención. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural- Área de Agricultura, Ganadería y Pesca. 8 pp.bo.

**Rodríguez, D. W.** (1955). Bananas: An outline of the economic history of production and trade with special reference to Jamaica. Kingston, Jamaica, department of agriculture, commodity bull. N° 1.

**Rojas, Ll. J. C.** (2013). Manejo integrado del banano orgánico. Pacanga - Chepén - La Libertad- Perú. 25 pp.

**Riopel, J. L. y Steeves, T. A.** (1964). Studies on the roots of *Musa acuminata* cv Gros Michel. *Ann. Bot. Lon*, 28,475-490.

**Robin, J. y Champion, J.** (1962). Études des émission des racines de la variété de bananier Poyo *Fruits* 17:93-94.

**Sabadell, S. G.** (2003) ETIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA DEL “FALSO MAL DE PANAMÁ” DE LA PLATANERA EN CANARIAS. Tesis doctoral. Universidad autónoma de Barcelona, Departamento de genética y microbiología. 208 pp.

**Sabadell, S., y Hernández, J.** (1999). Panama disease and a similar disorder ('False Panama') in the Canary Islands. In "Banana Fusarium wilt management: Towards sustainable cultivation. Proceedings of the International workshop on the banana Fusarium wilt disease." (N. H. N. M. a. K. W. L. A.B. Molina, Ed.), pp. 266-274. INIBAP, malaya.

**Simmonds, N. W.** (1966) Los plátanos. (Blume: Barcelona).

**Simmonds, N. W.** (1962). The evolution of the bananas. London.

**Simmonds, N. W.** (1959). Bananas. London, Longmans, Green. pp. 76-97,308-333.

**Soto, M.** (1992). Bananos: Cultivo y comercialización. 2. Ed. San José, Costa Rica, Lil.

**Soto, M.** (1985). Bananos: cultivo y comercialización. Edición ilustrada. Editor; Ministerio de Agricultura y Ganadería, Procedencia del original; University of Minnesota. Digitalizado; 5 Abr 2017. 627 pp.

**Sotomayor, C.** (2014). Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura y Riego [Minagri] Consultado: 08 de octubre del 2016. Disponible en: <http://www.minagri.gob.pe/portal/>

**Sotomayor, I. H.** (2012) Boletín técnico-La raza tropical 4 de mal de panamá: amenaza potencial para la industria bananera y platanera del ecuador. N° 418.

**Trujillo, E. E.** (1962) Pathological Anatomical studies of Gross Michel Banana affected by Fusarium wilt. Phytopathology 53, pp. 162-166.

**Vovlas, N; Avgelis, A; Goumas D; Frisullo, S.** (1994) A survey of banana diseases in sucker propagated plantation in Crete. *Nematology Mediterranean* 22, 101-107.

**Von Loesecke, H.W.** (1950) Bananas 2 Ed. New York, inter-science. pp. 1-15.

**Yabuuchi E; Kosako Y; Yano I; Hotta H; Nishiuchi Y.** (1995). Transfer of two *Burkholderia* and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen. Nov.: Proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni and Doudoroff 1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1986) comb. nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) comb. Nov. *Microbiology and Immunology* 39(11): 897–904

# Anexos 1. Muestreo de suelo



GOBIERNO REGIONAL DE PIURA  
GERENCIA REGIONAL DE DESARROLLO ECONOMICO  
DIRECCION REGIONAL AGRARIA PIURA

PIP "Mejoramiento de la competitividad de la cadena productiva de banano organico para mejorar la oferta exportable en la Region Piura"



## ANÁLISIS DE CARACTERIZACION DE SUELOS

Solicitante: Direccion Regional de Agricultura Piura (DRA.P)  
Proyecto: PIP. Banano Organico. Tesis Fac. Agronomia. UNP  
Fecha: 27 de marzo de 2018

Procedencia: Querecotillo, Salitral, Marcavelica.  
Usuario: Cinthya G. Arevalo Quinde (Tesista)  
Nota: Muestras tomadas por el usuario

N°.	Código	pH	Conduct. Eléctrica (dS/m)	CO <sub>2</sub> Ca (%)	Mat. Org. (%)	N Total (%)	P Disp. ppm	K Asim. ppm	Análisis Mecánico (%)			C.I.C. meq/100 g.s.	Cationes cambiabiles (meq/100g)		
									Arena	Limo	Arcilla		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>
1	Ap (00-20 cm.)	7.16	0.66	0.28	0.68	0.03	13	180	38	29	33	18.68	14.50	3.42	0.32
2	C1 (20-44 cm.)	7.44	0.80	0.57	0.40	0.02	11	180	30	39	31	17.89	13.90	3.20	0.34
3	C2 (44-77 cm.)	7.50	1.06	1.36	0.18	0.01	10	170	44	28	28	16.34	13.00	2.60	0.33
4	C3 (> 77 cm.)	7.18	0.77	0.26	0.17	0.01	12	150	63	24	13	8.29	6.50	1.35	0.12

PROF. DR. CARLOS CALERO MERINO, M.Sc.  
Ing° Agr° N° 15155  
M.Sc. Suelos N° 234 EP UNA LM  
M° en DC & DC - UNP  
Dr. en Ag° USP - BR, Q° no munde N° 6326%  
Abogase UNP - N° 005940

## Anexos 2. Determinación del perfil de suelo

Procedencia : Querecotillo, Salitral, Marcavelica

Usuario : Cinthya G. Arevalo Quinde (Tesisista)

Fecha : 27 de marzo de 2018

Determinaciones	Resultados				Interpretación			
	0-20 cm.	20 -44 cm.	44-77 cm.	77 -130 cm.	0-20 cm.	20 -44 cm.	44-77 cm.	77 -130 cm.
Cond. Eléctrica dS/m	0.66	0.8	1.06	0.77	Muy ligera	Muy ligera	Muy ligera	Muy ligera
pH (1.2:2.5)	7.16	7.44	7.5	7.18	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Calcáreo (%CaCO <sub>2</sub> )	0.28	0.57	1.36	0.18	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
Materia Orgánica (%)	0.68	0.4	0.18	0.17	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
N Total (%N)	0.03	0.02	0.01	0.01	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
P disponible (ppm P)	13	11	10	12	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
K asimilable (ppmK)	180	180	170	150	Medio	Medio	Medio	Medio
Clase textural	Fco Arc.	Fco Arc.	Fco Arc.	Fco Arc.				
% Arena	38	30	44	63				
% Limo	29	39	28	24				
% Arcilla	33	31	28	13				
C.I.C. meq/100 g.s.	18.68	17.89	16.34	8.29	Medio	Medio	Medio	Bajo
Ca <sup>++</sup> meq/100 g.	14.5	13.9	13	6.5				
Mg <sup>++</sup> meq/100 g.	3.42	3.2	2.6	1.35				
K <sup>+</sup> meq/100 g.	0.44	0.45	0.41	0.32				
Na <sup>+</sup> meq/100 g.	0.32	0.34	0.33	0.12				
Relación: Ca/Mg. (5.0 -8.0)	4.23	4.34	5	4.34	Inadecuado alto en Ca menos Mg.	Inadecuado alto en Ca menos Mg	Adecuada	Inadecuado alto en Ca menos Mg
Relación: Ca/K (14-16)	32.95	30.88	31.71	20.31	Inadecuado exceso de Ca	Inadecuado exceso de Ca	Inadecuado exceso de Ca	Inadecuado exceso de Ca
Relación: Mg/K (1.8-2.5)	7.72	7.11	6.34	4.22	Inapropiado	Inapropiado	Inapropiado	Inapropiado